

**FACILITER L'UTILISATION DU CALENDRIER AMELIS  
POUR LES PERSONNES ÂGÉES AU MOYEN DE LA  
COMMUNICATION ÉMOTIONNELLE**

par

Wathek Bellah Loued

Thèse présentée au Département d'informatique  
en vue de l'obtention du grade de philosophiæ doctor (Ph.D.)

FACULTÉ DES SCIENCES  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Sherbrooke, Québec, Canada, 22 août 2018

Le 30 Août 2018

*Le jury a accepté la thèse de Monsieur Wathek Bellah Loued dans sa version finale.*

Membres du jury

Professeure Hélène Pigot  
Directrice de recherche  
Département d'informatique

Professeur Bessam Abdulrazak  
Membre interne  
Département d'informatique

Jesse Hoey  
Associate Professor  
Membre externe  
David R. Cheriton School of Computer Science  
Université de Waterloo

Professeur André Mayers  
Président-rapporteur  
Département d'informatique

# Sommaire

Les personnes âgées éprouvent souvent des difficultés à interagir avec les ordinateurs, en partie à cause du manque de maîtrise des moyens d'interaction classiques, tels que la souris et le clavier. Les interfaces tactiles, plus faciles à prendre en main, ne facilitent pas toujours les interactions, surtout pour les personnes ayant une conductivité de la peau très faible. Ces aléas, liés à l'interaction avec les ordinateurs, créent un sentiment de frustration chez certains et un sentiment de désespoir chez d'autres, menant vers un rejet de la technologie, dans un monde où elle occupe une grande importance dans la vie quotidienne. Des études montrent que les agents virtuels sont acceptés par les personnes âgées, et peuvent constituer une piste prometteuse et alternative aux moyens d'interactions classiques. Cette recherche a pour but de faciliter l'interaction avec la technologie à travers la communication émotionnelle. La méthodologie consiste à concevoir une application utile aux personnes âgées, à y adjoindre un agent virtuel émotionnel pour en tester l'acceptabilité et l'utilisation par les personnes âgées. Utilisant le cadre de la recherche participative, 34 personnes âgées au Québec et en France ont conçu un calendrier interactif en privilégiant les modes d'interaction tactiles et avec agent virtuel. Nous avons intégré un modèle émotionnel à l'agent virtuel qui lie 3 composantes émotionnelles différentes, (1) la personnalité (2) l'humeur et (3) l'émotion issue des événements reçus survenant lors des interactions avec le calendrier.

Deux expérimentations ont été organisées pour valider l'utilisation du calendrier et de l'agent virtuel auprès de 4 personnes âgées. Les expérimentations se sont déroulées au domicile de quatre aînés, respectivement sur une période de 12 semaines et d'une semaine. Lors de la première expérimentation, les deux modalités d'interaction, tactile et vocale ont été évaluées avec un agent virtuel inanimé. Lors de la

## SOMMAIRE

deuxième expérimentation, les personnes âgées complétaient des scénarios prédéfinis avec l'agent virtuel animé pour évaluer le modèle émotionnel et l'importance accordée à l'agent virtuel durant l'interaction.

Les résultats de cette thèse s'articulent d'une part autour de la réalisation de l'agent virtuel qui présente un modèle émotionnel associé à une personnalité et une humeur changeante selon les interactions réalisées par la personne âgée. D'autre part, les résultats des expérimentations montrent que l'interaction vocale avec l'agent virtuel est plus agréable que l'interaction tactile, en dépit des faiblesses liées à la qualité de la reconnaissance vocale. Les personnes âgées sont attirées par l'agent virtuel durant les interactions.

Les contributions de ce travail de recherche s'articulent autour de la facilitation de l'interaction avec un outil technologique, et ce, à travers un agent virtuel émotionnel. La première contribution porte sur la conception d'un calendrier interactif et l'identification des caractéristiques physiques et émotionnelles d'un agent virtuel en se basant sur la conception participative. La seconde contribution porte sur la modélisation et la conception informatique d'un agent virtuel émotionnel en intégrant 3 modèles émotionnels psychologiques.

**Mots-clés:** agents virtuels ; modèle émotionnel ; conception participative ; personnes âgées.

# Remerciements

Je tiens naturellement à adresser mes premiers remerciements à ma directrice de thèse Madame Hélène Pigot, qui m’a non seulement offert cette enrichissante opportunité, mais aussi qui m’a soutenu à la fois scientifiquement, pédagogiquement et moralement tout au long de cette thèse. Je la remercie aussi pour la confiance qu’elle m’a accordée et je lui suis reconnaissant pour m’avoir fourni un cadre idéal pour la réalisation de ce travail. Je tiens aussi à remercier le comité d’encadrement de ma thèse composé de Monsieur Sylvain Giroux et Monsieur André Mayers.

Je remercie la Team Amelis composée d’Amandine Porcher et Léopold Lieb, durant cette thèse, j’ai eu un grand plaisir de travailler avec eux. Je remercie tous les membres du laboratoire DOMUS qui m’ont accueilli et m’ont permis d’apprécier le travail en équipe dans un environnement de partage de connaissances. Un remerciement particulier à Marie-Michèle Rosa-Fortin, Catherine Laliberté, Hubert Kenfack Ngankam, Frédéric Bergeron, Yannick Adeline, Marc Chevalaz, Damien Lockner, Maxime Parenteau et Pierre-Yves Groussard. Je remercie également le personnel administratif de l’Université de Sherbrooke ; je pense notamment à Lise Charbonneau, Lynn Lebrun, Karine Bolduc, Chantal Proulx et Mario Paquet. Un grand merci à Matthieu Courgeon qui m’a autorisé l’accès au code de la plateforme MARC pour la création de l’agent virtuel. J’adresse un remerciement spécial aux résidents de la coopérative la grande vie pour nous avoir aidé à réaliser ce projet avec toutes leurs idées et énergie.

Enfin, je ne pourrai terminer ce chapitre sans citer ma mère Zohra, mon père Habib, mon frère Nader, Ghofrane et Jérémy pour leur inconditionnel support.

# Abréviations

**API** Application Programming Interface

**AU** Action Unit

**BML** Behaviour Markup Language

**BT** Behaviour Tree

**CRUD** Create, Read, Update et Delete

**E2E** End-to-End

**FACS** Facial Action Coding System

**FFM** Five Factor Model

**FPS** Frame Per Second

**HTML** Hypertext Markup Language

**HTTP** Hypertext Transfer Protocol

**IHM** Interface Homme-Machine

**JSON** JavaScript Object Notation

**MARC** Multimodal Affective & Reactive Characters

**MBTI** Myers Briggs Type Indicator

**MVVM** Model-View-ViewModel

**NPC** Non-Player Character

**OCC** Ortony, Clore & Collins

**OCEAN** Ouverture, Conscienciosité, Extraversion, Agréabilité et Nevrotisme

**PAD** Pleasure, Arousal et Dominance

## ABRÉVIATIONS

**PC** Player Character

**REST** REpresentational State Transfer

**SCSS** Syntactically Awesome Style Sheets

**TIC** Technologies d'information et de communication

**UDP** User Datagram Protocol

**UI** Interface Utilisateur (User Interface)

**UX** Expérience utilisateur (User Experience)

**VHT** Virtual Human Toolkit

**XHR** XMLHttpRequest

# Table des matières

Sommaire	i
Remerciements	iii
Abréviations	iv
Table des matières	vi
Liste des figures	xi
Liste des tableaux	xvi
<b>Introduction</b>	<b>1</b>
1 Constat et besoins . . . . .	1
2 Problématique et objectifs scientifiques . . . . .	5
2.1 Problématique . . . . .	6
3 Structure de la thèse . . . . .	7
<b>1 État de l’art</b>	<b>8</b>
1.1 Émotions . . . . .	8
1.1.1 Affect, Humeur et Émotion . . . . .	9
1.1.2 Approches et modèles émotionnels . . . . .	10
1.1.3 Utilité des émotions . . . . .	21
1.2 Personnalité . . . . .	22
1.2.1 Théories de la personnalité . . . . .	22
1.2.2 Relation Personnalité-Émotions . . . . .	28



## TABLE DES MATIÈRES

1.3	Agents virtuels conversationnels . . . . .	29
1.3.1	Catégories des agents virtuels . . . . .	29
1.3.2	Technologies de conception des agents virtuels . . . . .	30
1.3.3	Plate-formes d'agents virtuels . . . . .	31
1.4	Robots d'assistance et agents virtuels . . . . .	32
1.4.1	Robots d'assistance . . . . .	32
1.4.2	Agents virtuels . . . . .	33
1.5	Conclusion . . . . .	34
<b>2</b>	<b>Objectifs et méthodologie</b>	<b>36</b>
2.1	Contexte de la thèse . . . . .	36
2.2	Objectifs et hypothèses . . . . .	37
2.3	Méthodologie . . . . .	39
2.4	Phase 1 : Conception participative du calendrier et de l'agent virtuel avec les personnes âgées . . . . .	40
2.4.1	Atelier 1 : Conception de l'interface . . . . .	40
2.4.2	Atelier 2 : Conception des interactions . . . . .	43
2.4.3	Atelier 3 : Conception de l'agent virtuel . . . . .	45
2.4.4	Questionnaire individuel . . . . .	47
2.4.5	Analyse des ateliers . . . . .	47
2.5	Phase 2 : Conception et modélisation du calendrier et de l'agent virtuel inanimé . . . . .	48
2.6	Phase 3 : Validation auprès des personnes âgées du calendrier avec l'agent virtuel inanimé . . . . .	50
2.7	Phase 4 : Conception de l'agent virtuel émotionnel et de son environ- nement . . . . .	52
2.7.1	Agent virtuel émotionnel . . . . .	52
2.7.2	Module émotionnel . . . . .	52
2.7.3	Conception de l'environnement de l'agent virtuel . . . . .	59
2.7.4	Modèle du dialogue . . . . .	59
2.8	Phase 5 : Validation auprès des personnes âgées du calendrier avec l'agent virtuel émotionnel . . . . .	60

## TABLE DES MATIÈRES

2.8.1	Expérimentation du modèle émotionnel . . . . .	60
2.8.2	Expérimentation de l'environnement de l'agent virtuel . . . . .	62
<b>3</b>	<b>Implémentation</b>	<b>63</b>
3.1	Architecture générale . . . . .	63
3.2	Architecture interne du service Amelis . . . . .	66
3.2.1	Amelis Frontend . . . . .	67
3.2.2	Amelis Backend . . . . .	68
3.3	Architecture interne du module émotionnel . . . . .	69
3.3.1	Conception . . . . .	69
3.3.2	Évaluation des émotions . . . . .	73
3.3.3	Correspondance entre émotions et expressions faciales . . . . .	77
3.4	Communication entre les micro-services . . . . .	77
3.4.1	API REST . . . . .	77
3.4.2	Intégration de l'agent virtuel dans le calendrier . . . . .	79
3.4.3	Synchronisation entre les modalités tactile et vocale . . . . .	80
3.4.4	Types de messages . . . . .	80
3.5	Mise au point de l'oculomètre . . . . .	81
3.6	Tests et validations . . . . .	82
3.7	Conclusion de l'implémentation . . . . .	83
<b>4</b>	<b>Résultats</b>	<b>84</b>
4.1	Ateliers de prototypage . . . . .	84
4.1.1	Atelier 1 : Conception de l'interface graphique . . . . .	84
4.1.2	Atelier 2 : Conception des interactions . . . . .	95
4.1.3	Atelier 3 : Conception de l'agent virtuel . . . . .	100
4.2	Expérimentation des moyens d'interaction . . . . .	108
4.2.1	Description générale des participants . . . . .	108
4.2.2	Scenarii d'usage . . . . .	110
4.2.3	Déploiement du calendrier Amelis à domicile . . . . .	113
4.2.4	Erreurs d'interactions avec l'agent virtuel . . . . .	114
4.3	Expérimentation du modèle émotionnel . . . . .	114
4.3.1	Description générale des participants . . . . .	114

## TABLE DES MATIÈRES

4.3.2	Liste des tâches de l'expérimentation . . . . .	115
4.3.3	Résultats de l'expérimentation du module émotionnel . . . . .	115
4.3.4	Mesures oculométriques . . . . .	120
4.4	Environnements de l'agent virtuel . . . . .	125
4.4.1	Environnement "médical" . . . . .	126
4.4.2	Environnement "famille" . . . . .	127
4.4.3	Environnement "loisirs" . . . . .	128
4.4.4	Environnement "fêtes" . . . . .	129
4.4.5	Environnement "coopérative" . . . . .	130
4.4.6	Environnement "autres" . . . . .	132
4.4.7	Conclusion des résultats de la conception des environnements .	133
<b>5</b>	<b>Analyse et interprétation</b>	<b>134</b>
5.1	Objectifs : Conception et modélisation . . . . .	135
5.1.1	<b>O2</b> : Concevoir un calendrier adapté aux besoins et aux attentes des personnes âgées . . . . .	135
5.1.2	<b>O3</b> : Modéliser un agent virtuel offrant une facilité d'interaction avec le calendrier . . . . .	138
5.2	Objectifs : Interaction . . . . .	139
5.2.1	<b>O1</b> : Offrir un moyen d'interaction adapté à la personne âgée, facilitant l'appropriation de la technologie . . . . .	140
5.2.2	<b>O5</b> : Évaluer la place que l'agent virtuel occupe dans le calen- drier durant l'interaction . . . . .	144
5.3	Objectif : Émotions . . . . .	145
5.3.1	<b>O4</b> : Implémenter un modèle émotionnel . . . . .	145
5.4	Conclusion . . . . .	149
	<b>Conclusion</b>	<b>152</b>
1	Contribution . . . . .	152
2	Critique du travail . . . . .	155
3	Perspectives . . . . .	156
<b>A</b>	<b>Questionnaire Post-Atelier 2</b>	<b>157</b>

## TABLE DES MATIÈRES

<b>B FACS Action Units</b>	<b>170</b>
<b>C Scenarii d’usage</b>	<b>173</b>
3.1 Consigne générale . . . . .	173
3.2 Consignes scenarii d’usage pré-déploiement . . . . .	174
3.2.1 Scénario 1 (Agent virtuel) . . . . .	174
3.2.2 Scénario 2 (Agent virtuel) . . . . .	174
3.2.3 Scénario 3 (Tactile) . . . . .	174
3.2.4 Scénario 4 (Tactile) . . . . .	175
3.3 Consignes scenarii d’usage post-déploiement . . . . .	175
3.3.1 Scénario 1 (Agent virtuel) . . . . .	175
3.3.2 Scénario 2 (Agent virtuel) . . . . .	175
3.3.3 Scénario 3 (Tactile) . . . . .	175
3.3.4 Scénario 4 (Tactile) . . . . .	176
<b>D Liste des évènements</b>	<b>177</b>
<b>E Composants graphiques de l’atelier de prototypage 1</b>	<b>187</b>
<b>F Composants de prototypage de l’agent virtuel</b>	<b>190</b>
<b>G Atelier 3 : Dialogue agent virtuel</b>	<b>193</b>
<b>H Questionnaires d’évaluation des émotions de l’agent virtuel</b>	<b>198</b>
<b>I Dynamique émotionnelle de l’agent virtuel</b>	<b>200</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>204</b>

# Liste des figures

1	Nombre de personnes ayant 60 ans et plus dans le monde . . . . .	1
2	Nombre de personnes ayant 60 ans et plus au Canada . . . . .	1
3	Le Robot Nao [3] . . . . .	3
4	Le Robot émotionnel Pepper [4] . . . . .	3
5	Le Robot Sophia [5] . . . . .	4
6	Un des agents virtuels proposés par de la société Cantoche [6] . . . . .	4
7	Un agent virtuel pour la communication avec la langue des signes [7] . . . . .	4
8	Les agents virtuels proposés par le Virtual Human Toolkit [9] . . . . .	5
9	L’agent virtuel MARC [10] . . . . .	5
1.1	Les différentes approches des théories des émotions . . . . .	11
1.2	Historique des modèles informatique des émotions [20] . . . . .	11
1.3	Modèle théorique cognitif des émotions proposé, par Ortony, Clore et Collins [22] . . . . .	13
1.4	Modèle OCC révisé, intégrant l’héritage [28] . . . . .	14
1.5	Modèle cognitif des émotions proposé par Scherer [29] . . . . .	15
1.6	Modèle émotionnel, d’après LeDoux [30] . . . . .	16
1.7	Modèle dimensionnel : Espace PAD [36] . . . . .	17
1.8	Roue des émotions de Plutchik [39] . . . . .	18
1.9	Émotions de base décrites par Ekman [40] . . . . .	21
1.10	Les 16 traits de personnalité définis par Cattell [61] . . . . .	24
1.11	Les traits de personnalité du modèle Big Five [62] . . . . .	25
1.12	Les 4 dimensions du MBTI [65] . . . . .	27
1.13	Agent virtuel Greta [88] . . . . .	32

## LISTE DES FIGURES

2.1	Phases de la méthodologie . . . . .	40
2.2	Plate-forme de prototypage vide . . . . .	42
2.3	Cartes d'interactions . . . . .	44
2.4	Architecture interactive d'Amelis . . . . .	49
2.5	Déroulement de l'expérimentation des moyens d'interactions . . . . .	51
2.6	Modèle émotionnel de Amelis . . . . .	53
2.7	Relations entre les modèles émotionnels . . . . .	54
2.8	Les six émotions de base définies dans le modèle FACS : colère ; peur ; dégoût ; surprise ; joie ; tristesse [40] . . . . .	59
2.9	Déroulement de l'expérimentation du modèle émotionnel . . . . .	60
3.1	Vue d'ensemble des micro-services d'Amelis . . . . .	65
3.2	Représentation d'un sous ensemble de conteneurs d'Amelis . . . . .	66
3.3	Modèle MVVM du frontend Amelis . . . . .	68
3.4	Différences entre MVC et MVVM . . . . .	68
3.5	Types de noeuds utilisés dans l'implémentation de l'arbre comporte- mental de l'agent virtuel . . . . .	71
3.6	Arbre comportemental de l'agent virtuel . . . . .	71
3.7	Branche gauche de l'arbre comportemental . . . . .	72
3.8	Branche droite de l'arbre comportemental . . . . .	73
3.9	Composantes du calendrier Amelis . . . . .	79
3.10	Cameras de l'oculomètre [128] . . . . .	82
4.1	Maquette du du A1G1QC première vue . . . . .	86
4.2	Maquette du A1G1QC deuxième vue . . . . .	86
4.3	Maquette du A1G2QC . . . . .	88
4.4	Maquette du A1G3QC . . . . .	89
4.5	Maquette du A1G1FR . . . . .	90
4.6	Maquette du A1G2FR écran public . . . . .	91
4.7	Maquette du A1G2FR écran privé . . . . .	92
4.8	Maquette du A1G3FR . . . . .	92
4.9	Maquette du A1G4FR . . . . .	93
4.10	Maquette de synthèse des 3 groupes au Québec . . . . .	94

## LISTE DES FIGURES

4.11	Maquette de synthèse des 4 groupes en France . . . . .	94
4.12	Modèles d'agents virtuels conçus par les participants 1 à 4 au Québec	101
4.13	Modèles d'agents virtuels conçus par les participants 5 à 8 au Québec	102
4.14	Modèles d'agents virtuels conçus par les participants 9 à 11 au Québec	102
4.15	Modèles d'agents virtuels conçus par les participants 12 à 14 au Québec	103
4.16	Âges des agents virtuels conçus durant l'atelier 3 . . . . .	103
4.17	Habits des agents virtuels masculins . . . . .	104
4.18	Habits des agents virtuels masculins (chaussures) . . . . .	104
4.19	Habits des agents virtuels féminins . . . . .	105
4.20	Couleurs des cheveux de l'agent virtuel . . . . .	105
4.21	Personnalité de l'agent virtuel . . . . .	108
4.22	Profil du participant 1 à l'expérimentation des moyens d'interaction et du module émotionnel . . . . .	109
4.23	Profil du participant 2 à l'expérimentation des moyens d'interaction .	109
4.24	Profil du participant 3 à l'expérimentation des moyens d'interaction .	110
4.25	Profil du participant 4 à l'expérimentation des moyens d'interaction .	110
4.26	Taux de réussite par scénario (pré-déploiement) . . . . .	112
4.27	Taux de réussite par scénario (post-déploiement) . . . . .	112
4.28	Comportement émotionnel de l'agent virtuel pour la tâche J1T1 pour chacun des quatre participants . . . . .	118
4.29	Comportement émotionnel de l'agent virtuel pour la tâche J2T3 pour chacun des quatre participants . . . . .	119
4.30	Zones analysées avec l'oculomètre - Agent virtuel désactivé . . . . .	121
4.31	Zones analysées avec l'oculomètre - Agent virtuel activé . . . . .	122
4.32	Durée (%) passée à regarder chaque région de l'écran durant la tâche J1T1 . . . . .	124
4.33	Durée (%) passée à regarder chaque région de l'écran durant la tâche J1T3 . . . . .	124
4.34	Durée (%) passée à regarder chaque région de l'écran durant la tâche J1T4 . . . . .	124
4.35	Durée (%) passée à regarder chaque région de l'écran durant la tâche J1T6 . . . . .	124

## LISTE DES FIGURES

4.36	Durée (%) passée à regarder chaque région de l'écran durant la tâche J2T1 . . . . .	125
4.37	Durée (%) passée à regarder chaque région de l'écran durant la tâche J2T3 . . . . .	125
4.38	Taxonomie de l'environnement médical . . . . .	126
4.39	Environnement médical . . . . .	126
4.40	Taxonomie de l'environnement famille . . . . .	127
4.41	Environnement famille . . . . .	128
4.42	Taxonomie de l'environnement loisirs . . . . .	128
4.43	Environnement loisirs . . . . .	129
4.44	Taxonomie de l'environnement fêtes . . . . .	130
4.45	Environnement fêtes . . . . .	130
4.46	Taxonomie de l'environnement coopérative . . . . .	131
4.47	Environnement coopérative . . . . .	131
4.48	Taxonomie de l'environnement autres . . . . .	132
4.49	Environnement autres . . . . .	132
4.50	Résultats environnement famille . . . . .	133
4.51	Résultats environnement loisirs . . . . .	133
4.52	Résultats environnement fêtes . . . . .	133
4.53	Résultats environnement coopérative . . . . .	133
E.1	À gauche : calendrier mensuel style Amelis première version. Au centre et à droite : calendriers mensuels avec deux différents styles. . . . .	187
E.2	Calendrier hebdomadaire . . . . .	188
E.3	Deux styles différents de l'horloge. À gauche une horloge en numérique et avec la date. À droite l'horloge en analogique et sans date . . . . .	188
E.4	Trois styles différents du composant météo. À gauche, le composant offre la météo du jour en plus d'un aperçu de la météo de la semaine. Au centre une vue minimale de la météo du jour présentée à l'horizontale. À droite une vue minimale de la météo du jour présentée à la verticale.	188
E.5	Composant permettant de faire une prise de notes . . . . .	189



## LISTE DES FIGURES

E.6	Composants extras. À gauche : un composant permettant d'avoir des contacts et à droite un composant permettant d'afficher le menu au restaurant de la résidence. . . . .	189
F.1	Différents visages d'agents virtuels ayant des âges variés : première colonne 25 ans, deuxième colonne 45 ans et troisième colonne 70 ans .	191
F.2	Planche d'habits pour agent virtuel de sexe féminin âgé de 25 ans et de 45 ans . . . . .	192
F.3	Planche d'habits pour agent virtuel de sexe féminin âgé de 70 ans et de sexe masculin âgé de 25 ans . . . . .	192
F.4	Planche d'habits pour agent virtuel de sexe masculin âgé de 45 ans et de 70 ans . . . . .	192
H.1	Questionnaire d'évaluation émotionnelle selon PAD . . . . .	198
H.2	Questionnaire d'évaluation émotionnelle selon les émotions définies dans le modèle OCC . . . . .	199
I.1	Comportement émotionnel de l'agent virtuel pour la tâche J1T3 pour chacun des quatre participants . . . . .	200
I.2	Comportement émotionnel de l'agent virtuel pour la tâche J1T4 pour chacun des quatre participants . . . . .	201
I.3	Comportement émotionnel de l'agent virtuel pour la tâche J1T6 pour chacun des quatre participants . . . . .	202
I.4	Comportement émotionnel de l'agent virtuel pour la tâche J2T1 pour chacun des quatre participants . . . . .	203

# Liste des tableaux

1.1	Association primaire de deux émotions . . . . .	19
1.2	Association secondaire de deux émotions . . . . .	19
1.3	Association tertiaire de deux émotions . . . . .	20
2.1	Grille d'analyse des ateliers . . . . .	48
2.2	Types des émotions identifiés dans le modèle OCC . . . . .	56
2.3	La correspondance entre les émotions définies dans OCC et le modèle PAD à trois dimensions . . . . .	57
3.1	Table des buts . . . . .	73
3.2	Table des croyances . . . . .	74
3.3	Correspondance entre émotions et expressions faciales . . . . .	78
4.1	Nombre de participants par groupe au Québec à l'atelier 1 . . . . .	85
4.2	Nombre de participants par groupe en France à l'atelier 1 . . . . .	85
4.3	Nombre de participants par groupe au Québec à l'atelier 2 . . . . .	95
4.4	Nombre de participants par groupe en France à l'atelier 2 . . . . .	95
4.5	Questions générales post-atelier 2 . . . . .	97
4.6	Questions spécifiques relatives à l'agent virtuel . . . . .	98
4.7	Questions spécifiques relatives à l'interaction tactile . . . . .	99
4.8	Questions spécifiques relatives à l'interaction vocale . . . . .	100
4.9	Nombre de participants par groupe au Québec à l'atelier 3 . . . . .	100
4.10	Nombre de participants par groupe en France à l'atelier 3 . . . . .	101
4.11	Résultats des scenarii d'usage pré-déploiement . . . . .	111
4.12	Résultats des scenarii d'usage post-déploiement . . . . .	112

## LISTE DES TABLEAUX

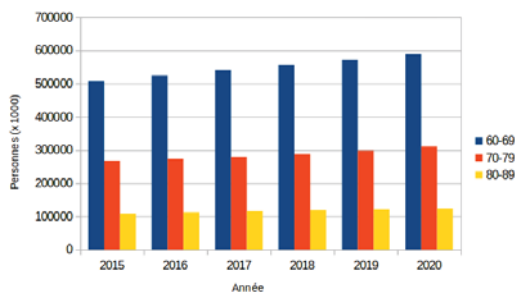
4.13	Nombre de jours d'utilisation des modalités d'interactions . . . . .	113
4.14	Profils des participants de l'expérimentation du modèle émotionnel .	115
4.15	Liste des tâches de l'expérimentation du modèle émotionnel . . . . .	115
4.16	Émotions perçues par les participants durant les tâches . . . . .	120
4.17	Pourcentage d'occupation de chaque région dans l'écran. <b>R1</b> : Menu des fonctionnalités; <b>R2</b> : calendrier; <b>R3</b> : photo-météo ou panneau latéral d'ajout de rendez-vous; <b>R4</b> : boutons commandes; <b>R5</b> : date et heure; <b>R6</b> : agent virtuel; <b>R7</b> : discussion agent virtuel. . . . .	122
4.18	Résultats de l'oculomètre. <b>S</b> : nombre de saccades dans la région; <b>D</b> : durée totale passée dans une région en milliseconde; <b>V</b> : nombre de visites total de la région. . . . .	123
5.1	Nombre de participants au projet . . . . .	134
B.2	Relation entre les AUs et les émotions . . . . .	172

# Introduction

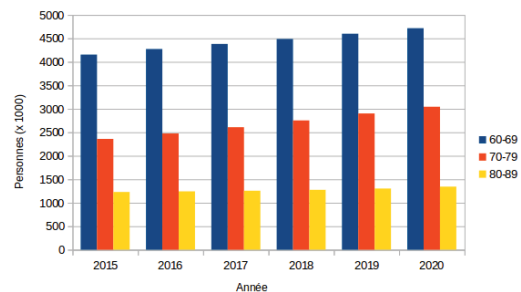
## 1 Constat et besoins

Le monde vit un changement démographique important. En juillet 2015, la population mondiale a été estimée à 7.35 milliards. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, la population comptera bientôt plus de personnes âgées que d'enfants. Ceci est dû essentiellement à l'amélioration du secteur de la santé, qui a augmenté l'espérance de vie chez les personnes âgées.

En 2011, d'après la direction de la recherche de l'évaluation et de la statistique du ministère de la Famille et des Aînés du Québec [1], avec une population de 8 millions de Québécois, on compte près de 3 millions de personnes âgées de plus de 50 ans et 1.3 million de personnes âgées de plus de 65 ans.



**figure 1** Nombre de personnes ayant 60 ans et plus dans le monde



**figure 2** Nombre de personnes ayant 60 ans et plus au Canada

En 2015, d'après le département des affaires économiques et sociales<sup>1</sup> des Nations Unies, le nombre de personnes âgées de plus de 60 ans, dans le monde est de 884

1. <http://esa.un.org/unpd/wpp/>

## 1. CONSTAT ET BESOINS

millions (figure 1). Au Canada en 2015, il existe presque 8 millions de personnes âgées de plus de 60 ans (figure 2). Les projections en 2020, montrent qu'on dépassera le milliard à l'échelle mondiale et les 9 millions au Canada.

Le phénomène du vieillissement démographique s'accompagne d'une révolution technologique. Les technologies d'information et de communication (TIC) sont devenues des outils incontournables de la vie moderne. Pour les personnes âgées, cet univers en perpétuelle mutation avec ces nouveaux appareils représente un obstacle à l'accès à l'information et contribue ainsi au fossé générationnel. Le manque de références et de soutien ainsi que les déficiences physiques ou cognitives, que certaines personnes développent en vieillissant, rendent l'usage de ce type d'objets souvent impossible. Pourtant, les produits "intelligents", plus accessibles, tant au niveau physique que cognitif, sont une réelle nécessité au sein de notre société moderne. Ces produits permettent aux personnes âgées de vivre de manière plus autonome et "connectée".

Ces appareils connectés sont censés aider l'utilisateur pour accéder plus facilement et plus rapidement à l'information recherchée. Le premier obstacle, auquel sont confrontées les personnes âgées, est l'interaction avec l'appareil.

Plusieurs moyens d'interactions ont été inventés et améliorés pour permettre une prise en main plus rapide et plus facile. Selon Beaudouin-Lafon [2], le paradoxe des interfaces homme-machine est que les meilleures interfaces sont celles qui sont invisibles, celles que l'utilisateur ne remarque pas et avec lesquelles il trouve l'interaction naturelle. L'évolution des écrans tactiles a permis de rendre l'interaction avec la technologie plus naturelle et surtout de réduire la charge cognitive. L'utilisateur n'a plus besoin d'utiliser un dispositif de pointage, comme la souris, qu'il doit déplacer et suivre son mouvement sur l'écran puis cliquer. À côté des écrans tactiles, le domaine de la reconnaissance vocale a évolué de façon à ce que l'utilisateur puisse parler à son appareil pour obtenir ce qu'il veut, par exemple demander où se trouve le restaurant le plus proche. Ceci crée une nouvelle façon d'interagir avec la technologie, en la rendant plus facile pour les personnes qui éprouvent de la difficulté à utiliser les modalités tactile ou le clavier.

Un pas de plus est franchi avec l'introduction des personnages virtuels et des robots à domicile. Ils sont dotés d'une intelligence artificielle permettant de faciliter les interactions avec l'humain.

## 1. CONSTAT ET BESOINS

Les robots compagnons fleurissent sur le marché. Le robot Nao (figure 3) en est un exemple ; il est programmé pour parler, écouter et aussi bouger. Ces robots peuvent être utilisés pour des fins thérapeutiques, comme le robot Paro qui permet de lutter contre l'anxiété des personnes âgées. Ils peuvent même aller jusqu'à exprimer des émotions de base (le robot Pepper, figure 4). Plus récemment, le robot humanoïde Sophia (figure 5) activé en 2015, se rapproche encore plus de l'aspect humain. Ce robot exploite un ensemble de technologies lui permettant de bénéficier de la vision, de la reconnaissance vocale et de la synthèse vocale. De plus, la plasticité des matériaux utilisés pour son visage lui permet de moduler son expression faciale. Selon le concepteur Hanson Robotics, le robot Sophia serait adapté pour tenir compagnie aux personnes âgées.



**figure 3** Le Robot Nao [3]



**figure 4** Le Robot émotionnel Pepper [4]

Les personnages virtuels, sont des personnages fictifs en 2D ou en 3D (figures 6, 7, 8 et 9). Ils ont un comportement intelligent, dialoguent avec l'utilisateur que ce soit d'une façon textuelle ou vocale. Les deux termes avatar et agent virtuel ne sont pas équivalents. Un agent virtuel se rapporte à un agent intelligent autonome alors qu'un avatar est une représentation visuelle d'une entité qui peut être soit une personne physique soit un agent virtuel.

## 1. CONSTAT ET BESOINS



**figure 5** Le Robot Sophia [5]



**figure 6** Un des agents virtuels proposés par de la société Cantocho [6]



**figure 7** Un agent virtuel pour la communication avec la langue des signes [7]

Ces technologies (personnages virtuels et robots) sont développées dans le but d'interagir avec l'être humain. Cette interaction suscite certaines émotions chez l'utilisateur. Ces émotions mènent à l'appréciation de la technologie ou bien à son refus.

L'être humain, émotionnel de nature, interagit avec ses interlocuteurs en évaluant les émotions que ceux-ci expriment. Il adapte ainsi ses comportements pendant la communication. Celle-ci s'exprime en grande partie par le non-verbal (55% de la communication [8]) et ce, grâce aux expressions faciales, aux mouvements du corps et à la voix. La figure 7 montre un agent virtuel développé par Alexis Heloir [7] qui a pour rôle de rendre intelligible les discours pour les personnes sourdes ou malentendantes.

## 2. PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS SCIENTIFIQUES



**figure 8** Les agents virtuels proposés par le Virtual Human Toolkit [9]



**figure 9** L'agent virtuel MARC [10]

Les utilisateurs ont tendance à interagir avec les machines comme si elles étaient de véritables personnes, surtout quand elles possèdent des capacités communicatives similaires à celles des humains [11]. Plus ces interfaces empruntent les caractéristiques de la communication humaine, plus les utiliser devient simple et accessible [12].

## 2 Problématique et objectifs scientifiques

Lors de la conception d'une technologie pour les personnes âgées, l'accent est mis souvent sur l'interface utilisateur (UI) et très peu sur l'expérience utilisateur (UX). Ceci mène généralement à un rejet de la technologie par les personnes âgées et provoque la sensation d'être dépassé par l'évolution. Cette sensation développe aussi la peur de se rapprocher de la technologie, d'un côté de crainte de briser quelque chose et d'un autre côté pour éviter les moqueries de l'entourage.

L'expérience utilisateur (UX) est souvent liée à la notion d'émotion. Les émotions font partie de la nature humaine et elles ne sont pas provoquées uniquement par des événements de la vie. Les produits et les systèmes provoquent également des émotions chez les individus, qui peuvent être soit des émotions positives, si l'expérience est valorisante, soit des émotions négatives, si de la frustration surgit. Suivant leur valence et leur intensité, ces émotions stimulent des comportements différents. Les émotions positives provoquent par exemple un attachement au produit, une perception positive



## 2. PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS SCIENTIFIQUES

du confort d’usage. À l’inverse, les émotions négatives peuvent mener à un rejet du système.

### 2.1 Problématique

Dans ce travail, la communication émotionnelle, entre l’utilisateur et la technologie, est l’axe principal étudié. Elle est étudiée dans le cadre des technologies pour faciliter l’usage et l’adoption des technologies par les personnes âgées.

Pour cela, nous souhaitons intégrer la composante émotionnelle afin de doter la technologie d’une expressivité augmentée. L’expression des émotions peut être faite à travers un agent virtuel intégré dans un outil de la vie quotidienne. Le choix d’un calendrier interactif se base sur l’importance pour les personnes âgées d’organiser leur emploi du temps et de préserver les liens sociaux ainsi que sur le résultat d’une recherche précédente [13] qui consiste à développer un calendrier interactif, appelé AMELIS (Alzheimer, MÉmoire Et Liens Sociaux), pour des personnes avec Alzheimer. Suite à l’accueil favorable chez les personnes âgées d’Amelis, nous avons donc décidé de l’adapter pour elles.

Ainsi, les 2 principales questions de recherche soulevées sont :

- Comment est-ce que la communication émotionnelle à travers un agent virtuel expressif facilite l’appropriation et l’acceptation de la technologie pour les personnes âgées ?
- Quel est le niveau d’expressivité le mieux adapté et comment le moduler pour permettre son acceptation par les personnes âgées ?

L’agent virtuel ne sera pas l’unique mode d’interaction pour Amelis ; il complétera le mode d’interaction tactile. La personne âgée pourra donc choisir à son gré la façon avec laquelle elle souhaite commander Amelis.

### 3. STRUCTURE DE LA THÈSE

## 3 Structure de la thèse

Cette thèse est structurée en 7 chapitres distincts :

1. Introduction générale et une mise en contexte ;
2. Revue de littérature se rapportant aux émotions, à la personnalité, les agents virtuels et les personnes âgées ;
3. Objectifs de la thèse et méthodologie de cette recherche ;
4. Implémentation technique du calendrier Amelis, du modèle émotionnel, son intégration dans le calendrier et sa connexion avec l'agent virtuel ;
5. Résultats des ateliers de prototypages, des expérimentations des moyens d'interactions et du modèle émotionnel ;
6. Analyse des résultats obtenus ;
7. Conclusion suivie des contributions et des perspectives de cette recherche.

# Chapitre 1

## État de l’art

Dans ce chapitre, nous présentons une revue de la littérature des travaux passés. Celle-ci est divisée en quatre sections. La première section consiste en une présentation des différentes approches et modèles émotionnels. La deuxième section couvre les modèles expliquant la personnalité. La troisième section concerne les agents virtuels conversationnels. Et la quatrième section expose les applications développées intégrant des agents virtuels.

### 1.1 Émotions

Avant d’apprendre à parler et à communiquer avec des mots l’être humain utilise les gestes pour faire passer l’information. La communication gestuelle est innée ; tous les nouveaux-nés expriment leurs besoins en nourriture ou autre avec des gestes et des expressions faciales que les mères peuvent comprendre grâce à leurs instincts maternels.

Les études [8, 14] du professeur Albert Mehrabian montrent qu’un message est généralement composé de 7% de mots, de 38% d’intonation et d’autres types de sons et de 55% de gestuelle. Selon le Professeur Ray Birdwhistell, la communication est composée à 35% de signaux verbaux et à 65% de non-verbaux.

Il est nécessaire, de préciser que la majorité des recherches sur le comportement humain indiquent que le canal verbal est essentiellement utilisé pour véhiculer de l’information tandis que le canal non-verbal est utilisé pour la négociation de l’attitude

## 1.1. ÉMOTIONS

interpersonnelle et dans certains cas comme un substitut pour les messages verbaux.

La communication émotionnelle est un axe principal de communication dans la vie courante. Cette forme de communication non-verbale occupe une importante part dans une conversation face à face. Ce concept psychologique complexe est défini de plusieurs façons dans la communauté scientifique. Darwin [15] définit les émotions comme étant la faculté d'adaptation et de survie de l'être humain, alors que James [16] définit les émotions comme étant une réponse physique :

*"We feel sorry because we cry, angry because we strike, afraid because we tremble ... Without the bodily states following on the perception, the latter would be purely cognitive in form, pale, colorless, destitute of emotional warmth. We might then see the bear, and judge it best to run, receive the insult and deem it right to strike, but we should not actually feel afraid or angry"*

- William James, *What is an emotion?*

La section "Approches et modèles émotionnels" présente plus en détails les différentes approches théoriques des émotions, mais définissons tout d'abord ce qu'est l'émotion.

### 1.1.1 Affect, Humeur et Émotion

Affect, humeur et émotion sont étroitement liés et peuvent prêter à confusion. Le professeur Timothy Judge et le docteur Stephen Robbins définissent ces termes comme suit [17] :

- l'affect est un terme générique qui englobe des sentiments vécus où il est possible de trouver les notions d'émotions et d'humeur ;
- L'émotion est par contre un sentiment intense provoqué par un événement ou une interaction avec quelqu'un, puis dirigé vers l'événement ou la personne responsable de l'apparition de l'émotion. Une émotion est habituellement accompagnée d'expressions du visage et de mouvements du corps. Elle est aussi d'une durée très courte ;

## 1.1. ÉMOTIONS

- L'humeur est un sentiment généralement moins intense que l'émotion et dénué de tout stimulus contextuel. L'humeur est de nature cognitive et ne s'accompagne pas de signes extérieurs distinctifs. La durée de l'humeur peut durer longtemps, allant de quelques heures à plusieurs jours.

L'émotion et l'humeur s'influencent mutuellement. Une émotion assez intense change l'humeur de la personne et inversement si une personne est de mauvaise humeur elle peut facilement montrer des émotions négatives exagérées.

Une illustration des émotions correspondrait à la colère ressentie, par quelqu'un quand une autre personne se montre grossière ou vulgaire ou bien quand un événement inattendu négatif survient. En revanche, l'humeur peut être une conséquence d'une émotion, par exemple quand quelqu'un critique le travail d'une autre personne, cette dernière va ressentir de la colère qui, une fois dissipée, peut se transformer en un sentiment de découragement non-attribuable à un événement particulier. D'un autre côté, ce sentiment de découragement va faire en sorte que la réaction aux autres événements devient un peu plus excessive. Cet état correspond à l'humeur.

### 1.1.2 Approches et modèles émotionnels

Plusieurs théories liées aux émotions ont été élaborées durant ces dernières années. Il existe différentes approches pour traiter les émotions (figure 1.1), qui ne sont pas exclusives.

Les modèles psychologiques des émotions, appartenant aux différentes approches, ont donné naissance à de multiples modèles informatiques. Les cases grises à gauche, dans la figure 1.2, illustrent les modèles psychologiques issues des approches cognitives (appraisal), dimensionnelles, anatomiques et rationnelles. À droite, sont exposés les modèles informatiques correspondants à un ou plusieurs modèles psychologiques. Par exemple, le modèle “WASABI” de Becker-Asano [18] est issu du modèle cognitif de Scherer [19] ainsi que du modèle dimensionnel de Mehrabian [8].

## 1.1. ÉMOTIONS

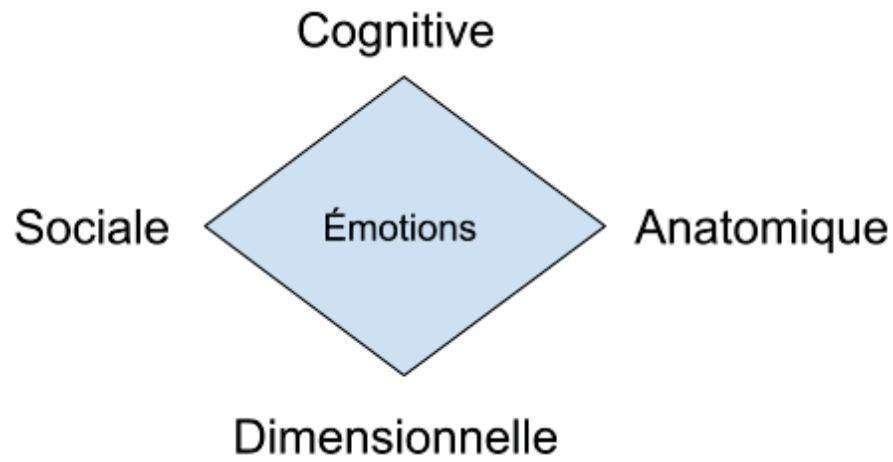


figure 1.1 Les différentes approches des théories des émotions

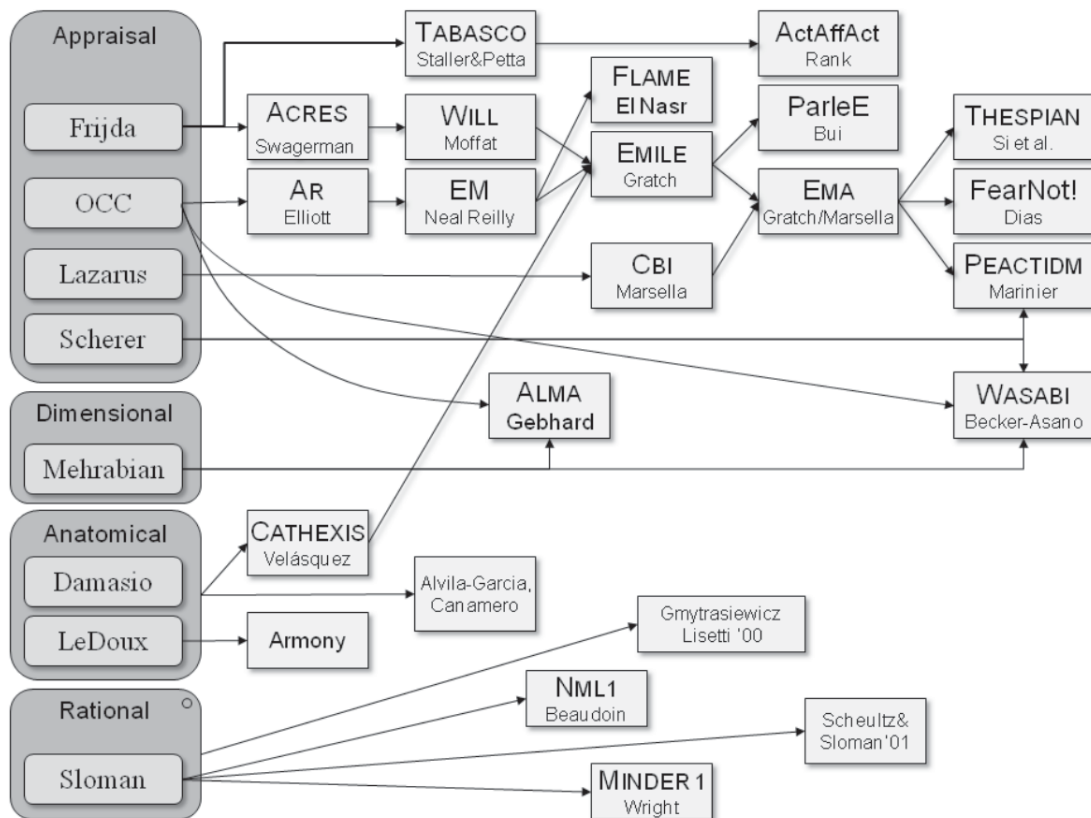


figure 1.2 Historique des modèles informatique des émotions [20]

## 1.1. ÉMOTIONS

### Approche cognitive

L’approche cognitive [21, 22, 23, 24, 25, 26] (appraisal) est une approche très étudiée et surtout très utilisée lors de la conception d’un système doté, à la fois, d’une intelligence artificielle et d’une intelligence émotionnelle.

Les théories cognitives des émotions mettent l’accent sur la relation qui existe entre l’émotion et la cognition et supposent que les émotions sont le résultat d’un processus cognitif. D’un point de vue cognitif, une émotion est l’évaluation faite d’une situation, selon un certain nombre de critères. Cette évaluation permet donc de définir les réactions physiologiques et motrices.

Il existe un grand nombre de modèles théoriques traitant les émotions d’un point de vue cognitif. Un des premiers modèles fut celui d’Ortony, Clore et Colins [22]. Il présente les émotions selon un mode hiérarchique. Les émotions sont évaluées sur 3 branches (figure 1.3) :

1. La première branche évalue les conséquences d’un événement, c’est-à-dire la désirabilité d’un événement. Par exemple un événement est plaisant s’il permet d’atteindre un but (ou un sous-but) désiré ;
2. La deuxième branche évalue les actions de l’agent pour estimer la conformité avec les normes et les valeurs de l’agent ;
3. La troisième branche concerne l’aspect des objets ou bien l’attraction qu’ils possèdent.

Le modèle psychologique OCC identifie 22 émotions divisées en deux catégories d’émotions, soit positive, soit négative (tableau 2.2).

Le modèle OCC a l’avantage d’être simple à implémenter d’un point de vue informatique. Le moteur GAMYGDALA [27] propose une implémentation de ce modèle. Une représentation informatique du modèle OCC est proposée par Steunebrink [28]. Dans cette représentation, figure 1.4, le modèle suit une logique d’héritage. Une condition est associée à chaque émotion écrite dans un bloc, permettant de définir la nature de la spécialisation par rapport à son parent. Par exemple, la racine de l’arbre (figure

## 1.1. ÉMOTIONS

1.4) décrit le cas général en indiquant qu'une émotion positive (ou négative) est une réaction à quelque chose. L'émotion de la joie (joy) consiste à être heureux (pleased) par rapport aux conséquences d'un événement. Alors que l'émotion de la colère (anger) est du reproche (reproach) liée à une action combinée avec l'inquiétude (distress) au sujet d'une conséquence connexe.

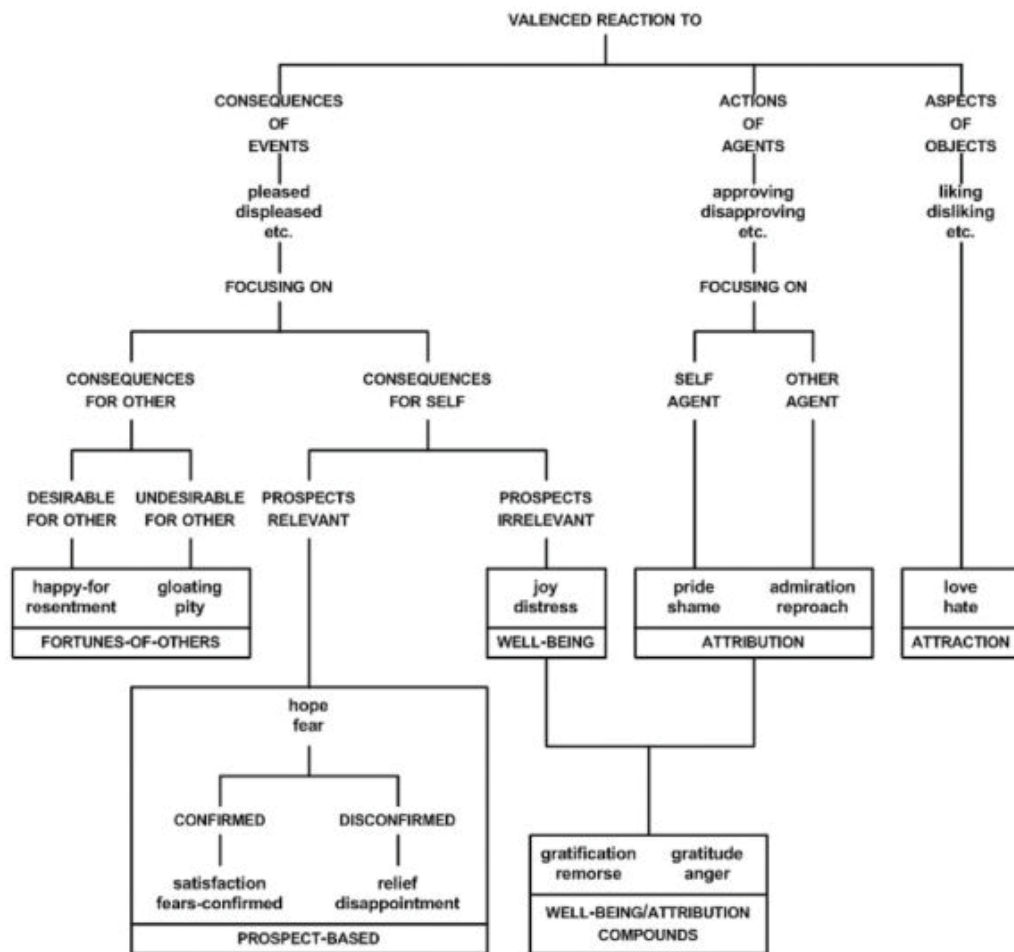


figure 1.3 Modèle théorique cognitif des émotions proposé, par Ortony, Clore et Collins [22]



## 1.1. ÉMOTIONS

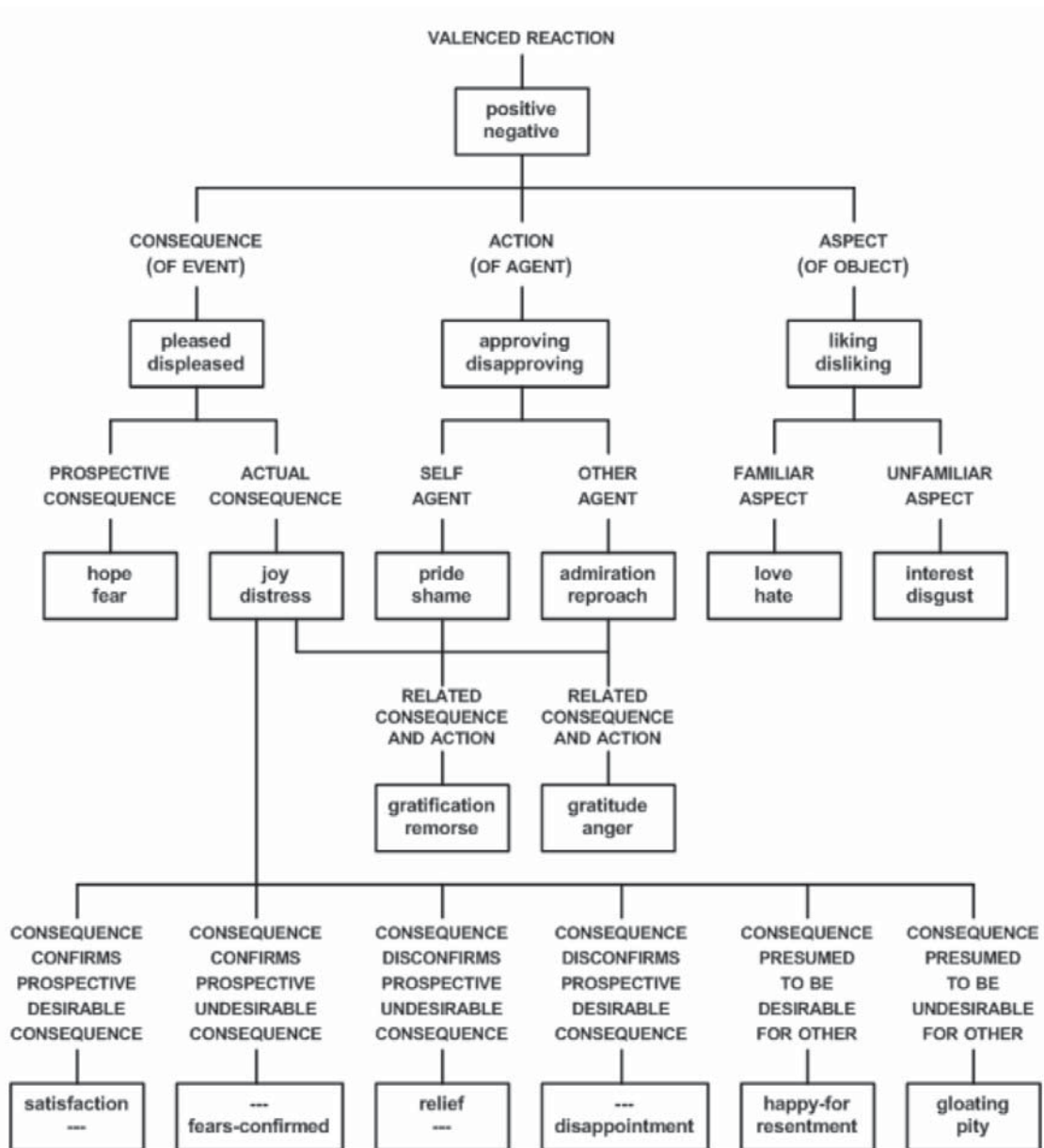


figure 1.4 Modèle OCC révisé, intégrant l'héritage [28]

Le second modèle cognitif proposé par Scherer (figure 1.5) suggère une évaluation des émotions sur la base de quatre groupes de critères [29] :

- La pertinence de l'événement (relevance) en analysant la nouveauté, l'impact et le respect des valeurs de l'événement ;

## 1.1. ÉMOTIONS

- Le rapport aux buts (implication), c'est-à-dire les conséquences de l'événement sur le bien-être de l'agent, sur les buts à court terme et à long terme ;
- Le potentiel de maîtrise (coping), c'est-à-dire la capacité de faire face aux conséquences de l'événement ;
- L'accord avec les standards (normative significance), c'est-à-dire si l'événement concorde avec les convictions personnelles, les normes et les valeurs sociales de l'agent.

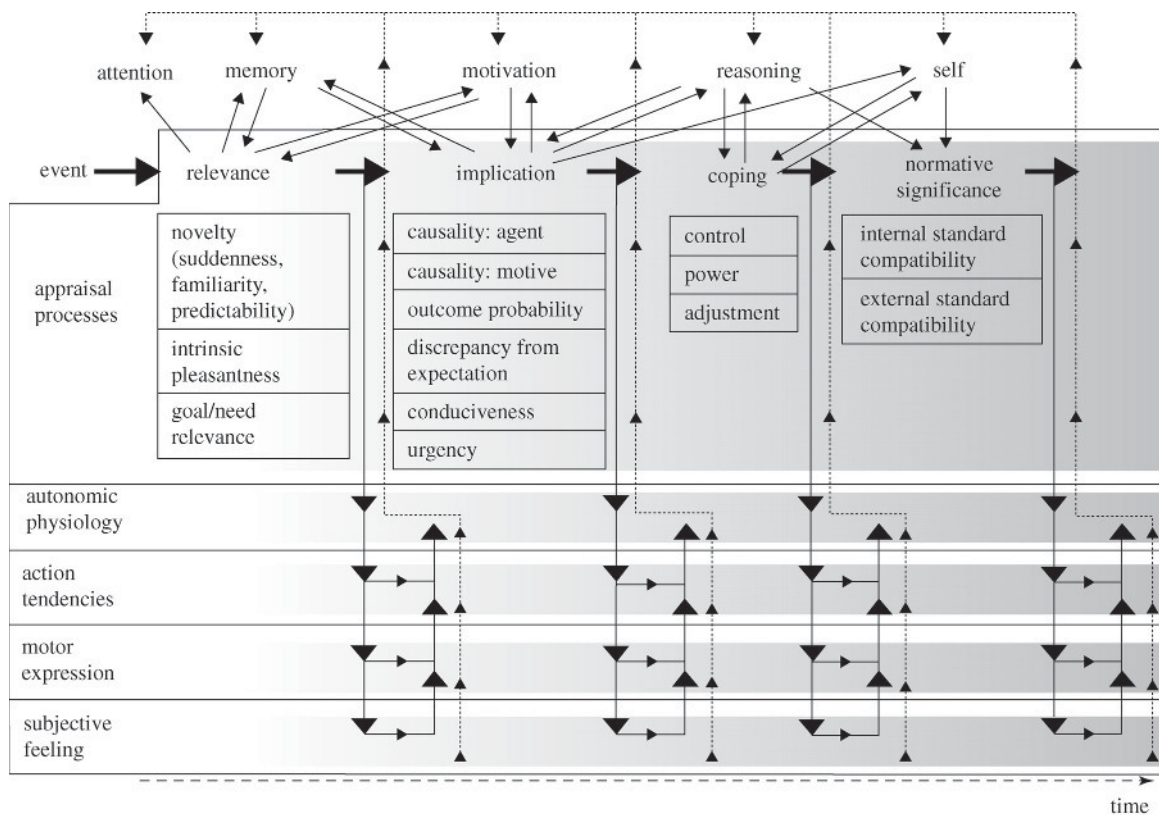
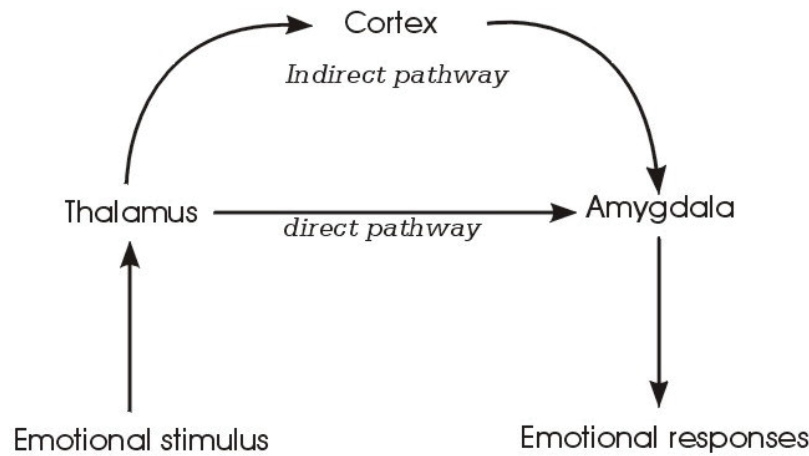


figure 1.5 Modèle cognitif des émotions proposé par Scherer [29]

## Approche anatomique

L'approche anatomique [30] explique les émotions en les liant aux neurones dans le cerveau. Chaque émotion est considérée comme étant un branchement unique génétiquement pré-codé. Les théories appartenant à cette approche s'inspirent des neurosciences.

## 1.1. ÉMOTIONS



**figure 1.6** Modèle émotionnel, d'après LeDoux [30]

Le thalamus reçoit les informations de l'environnement externe par les capteurs sensoriels (figure 1.6). Il les renvoie en même temps au système limbique (amygdale) et au cortex. Le système limbique, aussi appelé le siège des émotions, évalue d'une façon continue la pertinence des besoins et des objectifs suivant les informations reçues du thalamus et envoie les signaux au corps pour réagir en conséquence. La liaison entre le thalamus et le système limbique (amygdale) génère les émotions simples [31, 32], comme la peur ou la colère. Ces émotions simples ne demandent pas de traitement cognitif. Par exemple, une personne peut toujours ressentir de la peur face à un serpent même si elle sait qu'il est inoffensif. La liaison entre le thalamus et le cortex est responsable des émotions complexes, comme l'amour ou la joie. Ces émotions sont généralement le résultat d'une évaluation d'une situation et dans ce cas, un traitement cognitif est effectué [33].

### Approche sociale

Les théories appartenant à l'approche sociale [34, 35] définissent les émotions comme des phénomènes sociaux ou des réactions liées à la culture. Une émotion est alors contrainte par le contexte social, les rôles et les statuts des participants.

Les émotions sont considérées comme étant des composantes culturelles plutôt que des états internes ou des réactions humaines. Les émotions sont considérées apprises plutôt qu'innées. Les émotions varient donc d'une culture à l'autre.

## 1.1. ÉMOTIONS

### Approche dimensionnelle

Les théories dimensionnelles considèrent que les émotions sont réparties dans un espace à plusieurs dimensions, telles que la valence (plaisant, déplaisant) ou le niveau d'activation ou d'éveil (actif, passif). Mehrabian [8] propose un modèle émotionnel dimensionnel dans un espace tri-dimensionnel (figure 1.7) appelé PAD (Pleasure, Arousal et Dominance).

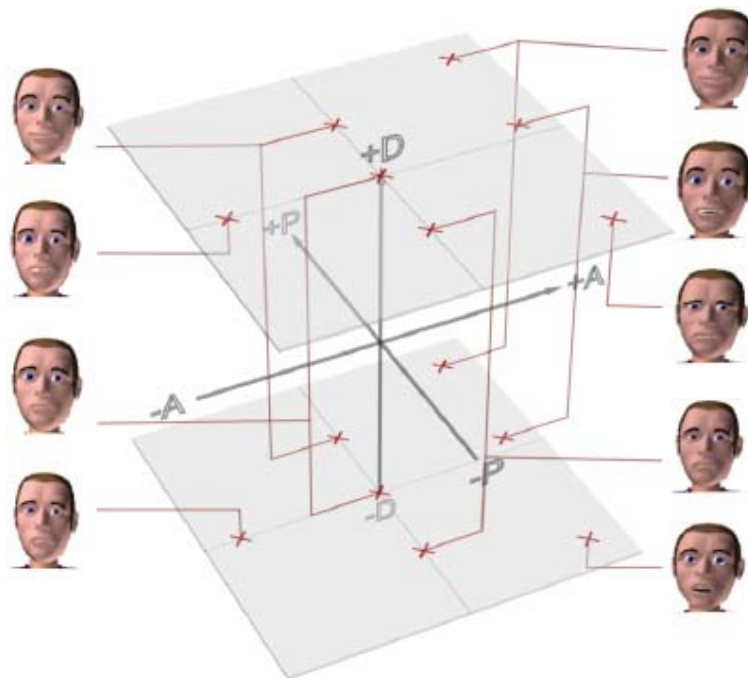


figure 1.7 Modèle dimensionnel : Espace PAD [36]

Dans cet espace, le premier axe (P) décrit le niveau de plaisance par exemple l'émotion de la joie se retrouve dans la partie positive de cet axe alors que l'émotion de la colère se situe dans la partie négative. Le deuxième axe (A) décrit le niveau d'énergie de l'émotion. Par exemple, l'émotion de la colère et de la tristesse sont deux émotions avec un niveau d'énergie opposé. La colère se situe dans la partie positive de l'axe alors que la tristesse, qui est considérée comme étant une émotion soporifique, se situe dans la partie négative. Le troisième axe (D) définit le niveau de dominance de l'émotion sur soi. Par exemple, la colère est une émotion dominante alors que la peur est une émotion de soumission.

## 1.1. ÉMOTIONS

Osgood propose le modèle EPA [37] (Evaluation, Potency, Activity) qui décrit les émotions dans un espace tri-dimensionnel, semblable au modèle PAD. Le premier axe (E) décrit le niveau de désirabilité d'un événement. Le deuxième axe (P) décrit le niveau d'énergie de l'événement. Et le troisième axe (A) décrit le niveau de la vivacité d'un événement. La différence entre le modèle EPA et le modèle PAD réside dans l'évaluation des événements et le placement des émotions dans le repère.

Plutchik propose un modèle théorique dimensionnel [38] (Fig 1.8) qui montre les émotions de base et les relations entre les émotions. Ce modèle associe les couleurs les mieux adaptées à chaque émotion. Par exemple, le rouge est généralement la couleur de la colère. D'un autre côté cette roue montre les 8 émotions de base (colère, anticipation, joie, confiance, peur, surprise, tristesse et dégoût) et certains degrés d'une même émotion. Au centre, les émotions sont plus intenses. Cette roue est bâtie pour que l'antonyme de chaque émotion soit placé symétriquement par rapport au centre de la roue. Par exemple, l'inverse de la joie est la tristesse.

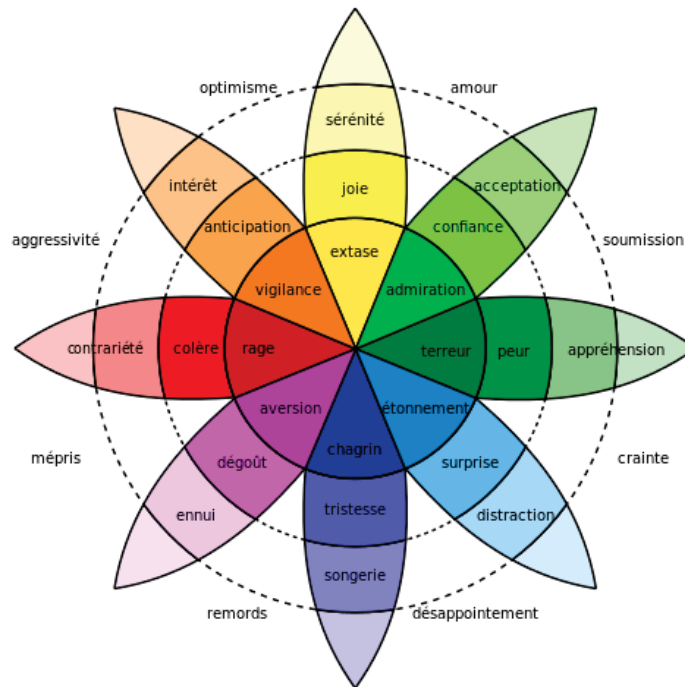


figure 1.8 Roue des émotions de Plutchik [39]

## 1.1. ÉMOTIONS

Les émotions qui ne sont pas associées à une couleur sont des émotions combinées. Aussi, pour Plutchik, l'amour, résulte d'une fusion entre la joie et la confiance. Plutchik en déduit les dyades primaires qui résultent de la composition entre deux émotions de base adjacentes, tableau 1.1, les dyades secondaires qui résultent de la composition de deux émotions distancées d'une émotion, tableau 1.2 et les dyades tertiaires qui résultent de la composition de deux émotions distancées de deux émotions, tableau 1.3.

**tableau 1.1** Association primaire de deux émotions

Dyades primaires	Résultats
Joie + Confiance	Amour
Confiance + Peur	Soumission
Peur + Surprise	Crainte
Surprise + Tristesse	Désappointement
Tristesse + Dégoût	Remords
Dégoût + Colère	Mépris
Colère + Anticipation	Agressivité
Anticipation + Joie	Optimisme

**tableau 1.2** Association secondaire de deux émotions

Dyades secondaires	Résultats
Joie + Peur	Culpabilité
Confiance + Surprise	Curiosité
Peur + Tristesse	Désespoir
Surprise + Dégoût	?
Tristesse + Colère	Envie
Dégoût + Anticipation	Cynisme
Colère + Joie	Fierté
Anticipation + Confiance	Fatalisme

## 1.1. ÉMOTIONS

**tableau 1.3** Association tertiaire de deux émotions

Dyades tertiaires	Résultats
Joie + Surprise	Ravisement
Confiance + Tristesse	Sentimentalité
Peur + Dégoût	Honte
Surprise + Colère	Indignation
Tristesse + Anticipation	Pessimisme
Dégoût + Joie	Morbidité
Colère + Confiance	Domination
Anticipation + Peur	Anxiété

### Approche catégorielle

L’approche catégorielle décrit un certain nombre d’émotions sur la base des expressions faciales. Ces émotions sont considérées comme l’ensemble de base (figure 1.9). Selon Ekman [40, 41, 42, 43], il existe six émotions universelles de base qui sont la joie, la colère, la peur, le dégoût, la tristesse et la surprise. Ces émotions sont associées à 6 expressions faciales. Chacune possède des caractéristiques spécifiques. Une expression faciale est la manifestation d’un ensemble de muscles du visage. Ekman propose un recensement de ces mouvements musculaires (annexe B) qu’il appelle “Action Units”.

Les émotions de l’approche catégorielle représentent un sous-ensemble des émotions décrites dans les approches précédentes. Plusieurs émotions des approches décrites précédemment n’ont pas d’association aux expressions faciales. Par exemple l’émotion de l’anticipation dans le modèle de Plutchik ou bien l’émotion de la satisfaction dans le modèle OCC n’ont aucune expression faciale liée.

L’approche catégorielle est considérée comme étant une approche d’expressivité émotionnelle. Selon Shichuan Du, il est possible de reproduire 21 expressions faciales [44]. En se basant sur les expressions de base d’Ekman, une codification avec les AUs est faite avec 230 participants pour l’expression des émotions composées telles que l’émotion de la surprise associée à la joie ou bien l’émotion de la colère associée au dégoût.

## 1.1. ÉMOTIONS

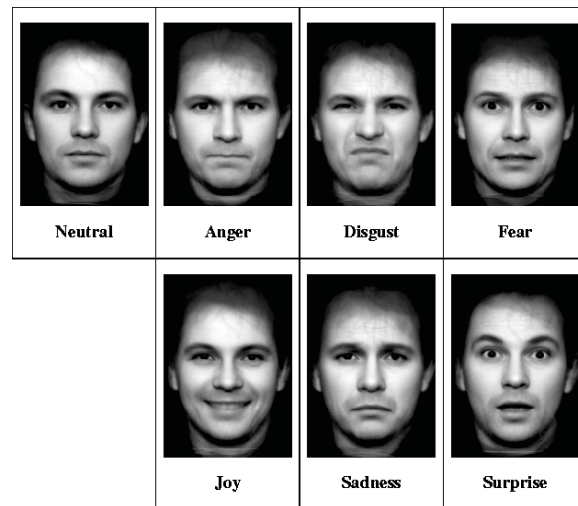


figure 1.9 Émotions de base décrites par Ekman [40]

### 1.1.3 Utilité des émotions

La fonction principale des émotions a été longtemps débattue. Selon Darwin [15] le développement des émotions chez les humains leur permet de résoudre des problèmes. Les émotions jouent un rôle important dans la survie. Par exemple, l'émotion du dégoût permet d'éviter les situations dangereuses, comme une nourriture pourrie. Selon les théories de la psychologie évolutionniste, chaque émotion sert une cause spécifique [46]. Crivelli et Fridlund considèrent les expressions faciales comme étant des signaux permettant la communication et la négociation sociale [45].

Les émotions jouent un rôle important dans l'interaction Homme-Machine. Reeves [11] décrit le type d'interaction entre la technologie et les êtres humains en remarquant que les humains ont tendance à se comporter avec la technologie comme avec une vraie personne, si celle-ci possède les facultés communicatives de l'être humain. Cette communication naturelle, qui est en grande partie émotionnelle, sera créée à travers le comportement non-verbal.

Les émotions ont des effets divers sur l'utilisateur [47]. Les émotions ont la capacité d'attirer l'attention [48]. Par exemple, une interface sollicitant une forme de communication émotionnelle peut encourager les interactions.

La mémoire aussi est affectée par les émotions, une personne se souvient plus



## 1.2. PERSONNALITÉ

facilement d'un événement comportant plus d'émotions [49]. Ceci peut, dans certains cas, améliorer la mémoire et la capacité de se souvenir d'un événement [50].

Les émotions ont aussi un impact sur les performances, les personnes qui sont de bonne humeur sont plus créatives et ont plus de facilités à résoudre les problèmes [51, 52].

## 1.2 Personnalité

La personnalité fait référence aux différences individuelles dans les schémas caractéristiques de la pensée, du sentiment et du comportement. L'étude de la personnalité se concentre sur la compréhension des différences individuelles dans des caractéristiques particulières de la personnalité, telles que la sociabilité ou l'irritabilité.

### 1.2.1 Théories de la personnalité

La personnalité est donc une combinaison complexe regroupant les émotions, les attitudes et les comportements de l'individu. Il existe différentes théories de la personnalité [53].

#### **Théories biologiques**

Les théories biologiques [54, 55] expliquent la personnalité comme étant rattachée aux structures cérébrales et aux mécanismes neuronaux. Selon Eysenck [56] la génétique est le premier déterminant de la personnalité.

#### **Théories cognitives**

Les théories cognitives [57, 58] expliquent la personnalité comme étant un processus cognitif impliquant la pensée, le jugement et l'analyse de l'environnement ainsi que les événements. Selon la perspective cognitive, les gens dégagent une personnalité selon la façon dont ils pensent. Ceci implique comment l'information est prise en charge, perçue, analysée, interprétée, encodée et récupérée.

## 1.2. PERSONNALITÉ

### Théories de traits de personnalité

Les théories des traits de personnalité associent un ensemble de traits quantifiables à chaque individu. Allport définit environ 4000 traits de personnalité [59] qu'il regroupe en 3 grandes catégories :

- **Traits cardinaux** : Ces traits dominants façonnent le comportement d'une personne, que ce soient les passions, les obsessions du pouvoir, le besoin d'argent ou la célébrité.
- **Traits centraux** : ces éléments de base façonnent la plupart de nos comportements, bien qu'ils ne soient pas aussi écrasants que les traits cardinaux. Un exemple d'un trait central est l'honnêteté.
- **Traits secondaires** : Ces caractéristiques ne sont discernables que dans certaines circonstances, telles que des goûts particuliers.

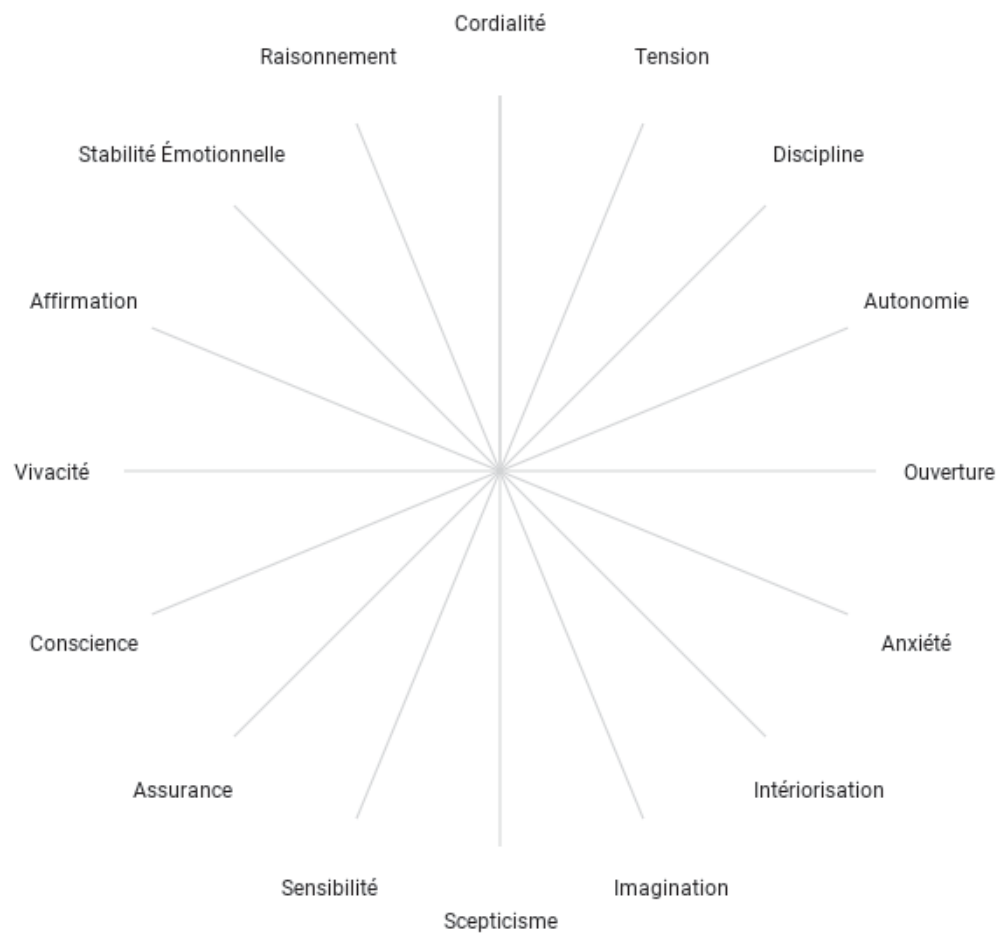
Après avoir établi la liste des 4000 traits, Allport considère que seulement un petit sous-ensemble de traits suffit pour décrire la personnalité d'une personne.

Cattell propose une deuxième liste de traits de personnalité restreinte [60]. Il a fusionné les traits similaires de Allport et éliminé ceux qui semblaient inutiles ou très rares. Ce processus a réduit la liste à 171 traits. Finalement, Cattell, en appliquant une analyse factorielle, a réduit cette liste à 16 traits de personnalité seulement [61] (figure 1.10).

Le modèle Big Five [62, 63] développé par Costa et McCrae s'appuie sur les théories précédentes pour dégager 5 traits principaux de personnalité. Ceux-ci étaient considérés comme des traits dominants dans les autres théories. Cette théorie est appelée OCEAN (figure 1.11), qui est un acronyme représentant les 5 traits :

- **Ouverture** : ce trait décrit une personne qui apprécie l'art et qui est émotionnelle. Une personne curieuse et imaginative qui aime les aventures et qui possède des idées peu communes ;
- **Conscience** : ce trait décrit une personne disciplinée, qui respecte les obligations et qui préfère l'organisation plutôt que la spontanéité. Une personne orientée vers des buts ;
- **Extraversion** : ce trait décrit une personne avec de l'énergie, des émotions positives. Une personne qui a tendance à chercher la stimulation et la compagnie des autres ;

## 1.2. PERSONNALITÉ



**figure 1.10** Les 16 traits de personnalité définis par Cattell [61]

## 1.2. PERSONNALITÉ

- **Agréabilité** : ce trait décrit une personne avec de la compassion et de la coopération plutôt qu'une personne soupçonneuse et antagonique envers les autres ;
- **Névrotisme** : ce trait représente l'antonyme de la stabilité émotionnelle. Il décrit une personne qui a tendance à éprouver facilement des émotions désagréables comme la colère, l'inquiétude ou la dépression.

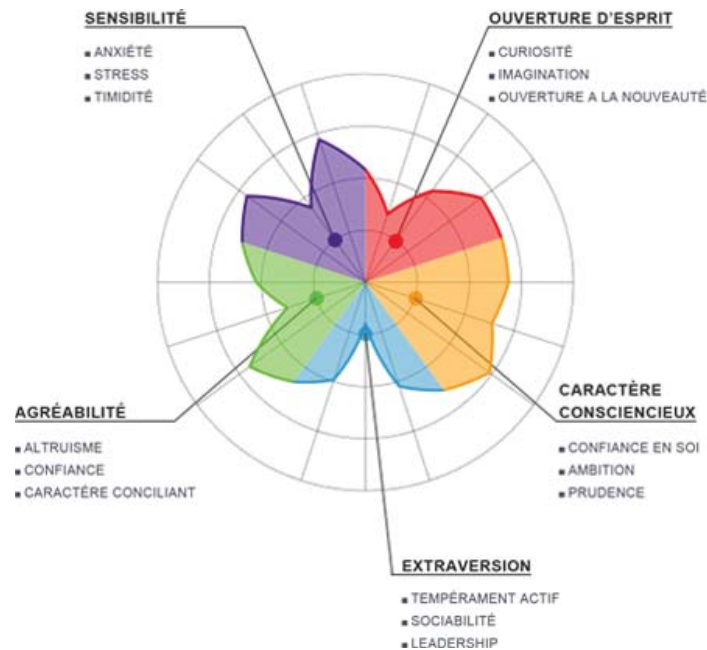


figure 1.11 Les traits de personnalité du modèle Big Five [62]

Un autre modèle de personnalité nommé MBTI (Myers Briggs Type Indicator) [64, 65] proposé par Isabel Briggs Myers et Katherine Cook Briggs en 1962 permet de définir 16 personnalités différentes selon 4 axes qui sont décrits comme suit selon Assante [66] (figure 1.12) :

- Orientation de l'énergie : (E) Extraversion ou (I) Introversion. La réponse à la question "d'où tirez-vous votre énergie et où portez vous votre attention ?" permet de définir la valeur de cet axe. Dans le cas d'**extraversion** la personne prend son énergie dans le monde extérieur contrairement à l'**introversion** où la personne prend son énergie dans le monde intérieur.
- Recueil d'information : (S) Sensation ou (N) Intuition. Cet axe traite la ques-

## 1.2. PERSONNALITÉ

tion "comment préférez-vous recueillir l'information ?". Une personne qui s'attache aux faits et au concret est considérée possédant le trait **sensation** dominant alors qu'une personne qui s'attache aux nouvelles possibilités est considérée avoir le trait **intuition** dominant.

- Prise de décision : (T) Pensée ou (F) Sentiment. La question liée à cet axe est "comment prenez-vous vos décisions ?". Ainsi une personne qui décide de façon logique et rationnelle est considérée avec le trait **pensée** dominant sinon le trait **sentiment** qui décrit plus une personne qui décide selon ses valeurs personnelles.
- Mode d'action : (J) Jugement ou (P) Perception. La question liée à cet axe est "quel est votre mode de vie idéal ?". Une personne qui préfère un mode de vie organisé est considérée possédant le trait **jugement** alors qu'une personne qui préfère un mode de vie souple est considérée possédant le trait **perception**.

Ainsi en reprenant les 4 axes précédemment définis, Myers-Briggs ont déterminé 16 combinaisons possibles qui sont les 16 personnalités différentes regroupées en 4 catégories, les analystes, les diplomates, les sentinelles et les explorateurs :

- **Les analystes :**

- L'architecte (INTJ) : penseur imaginatif et stratégique qui possède un plan pour tout ;
- Le logicien (INTP) : inventeur innovant avec une soif insatiable de connaissances ;
- Le commandant (ENTJ) : leader audacieux, imaginatif et déterminé toujours à la recherche d'un moyen ;
- Le débateur (ENTP) : penseur intelligent et curieux qui ne peut résister à un défi intellectuel.

- **Les diplomates :**

- L'avocat (INFJ) : calme et mystique mais très inspirant et infatigable idéaliste ;
- Le médiateur (INFP) : poétique, gentil et altruiste, toujours désireux d'aider une bonne cause ;
- Le protagoniste (ENFJ) : leader charismatique et inspirant, capable d'hypnotiser ses auditeurs ;

## 1.2. PERSONNALITÉ

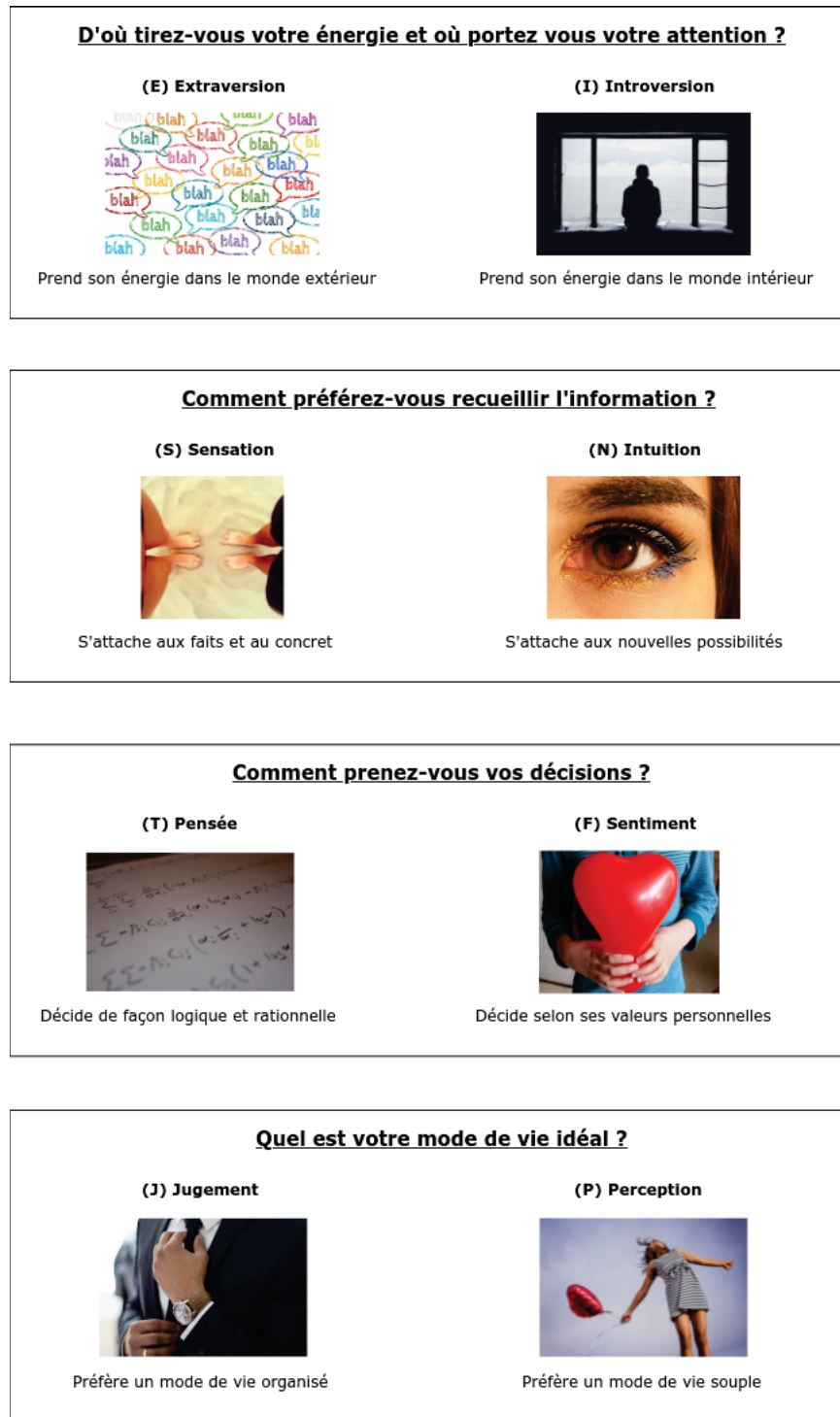


figure 1.12 Les 4 dimensions du MBTI [65]

## 1.2. PERSONNALITÉ

- Le militant (ENFP) : possède un esprit libre et enthousiaste, créatif et sociable qui peut toujours trouver une raison de sourire.
- **Les sentinelles :**
  - Le logisticien (ISTJ) : pratique et soucieux des faits dont la fiabilité ne peut être mise en doute ;
  - Le défenseur (ISFJ) : protecteur très dévoué et chaleureux, toujours prêt à défendre ses proches ;
  - L'exécutif (ESTJ) : excellent administrateur, inégalé dans la gestion des choses ou des personnes ;
  - Le consul (ESFJ) : extraordinairement attentionné, social et populaire, toujours désireux d'aider.
- **Les explorateurs :**
  - Le virtuose (ISTP) : expérimentateur, audacieux et pratique, maître de toutes sortes d'outils ;
  - L'aventurier (ISFP) : Artiste flexible et charmant, toujours prêt à explorer et expérimenter quelque chose de nouveau ;
  - L'entrepreneur (ESTP) : intelligent, énergique et très perspicace ;
  - L'artiste (ESFP) : spontané, énergique et enthousiaste. La vie ne l'ennuie jamais.

### 1.2.2 Relation Personnalité-Émotions

La personnalité étant une composante du système émotionnel, ceci implique l'existence d'une relation Personnalité-Émotions [67]. Cette relation décrit l'impact de la personnalité sur l'expressivité émotionnelle. En se basant sur le modèle Big Five, 4 des traits évoqués (névrotisme, agréabilité, ouverture et extraversion) sont directement liés aux émotions [68, 69]. Le névrotisme est le trait décrivant la tendance à éprouver des émotions négatives.

Mehrabian et Russell [70, 71] ont projeté le modèle Big Five dans le repère tridimensionnel PAD des émotions.

La personnalité n'est toutefois pas le seul composant influençant l'expressivité des émotions. Parmi les autres composants, la culture et le genre influencent considéra-

### 1.3. AGENTS VIRTUELS CONVERSATIONNELS

blement le niveau de l’expressivité émotionnelle [72]. Par exemple, dans la culture japonaise, une personne a tendance à cacher ses émotions négatives avec une expression faciale positive comme le sourire. L’expressivité émotionnelle diffère aussi selon le genre, le sexe féminin montre une plus grande expression émotionnelle [73] que le sexe masculin.

## 1.3 Agents virtuels conversationnels

Les récents progrès dans les technologies informatiques ont rendu possible la création d’agents virtuels conversationnels animés. Ces agents sont des personnages virtuels créés par ordinateur qui possèdent des capacités communicatives avancées. Il est ainsi possible à l’utilisateur d’interagir avec ces agents de façon équivalente qu’avec une personne humaine [74, 75, 76].

### 1.3.1 Catégories des agents virtuels

Les agents virtuels sont divisés en deux catégories, ceux qui sont contrôlés par un utilisateur et ceux qui sont autonome et qui interagissent avec l’utilisateur.

Les agents virtuels contrôlés par un humain et désignés par l’acronyme PC (Player Character) [77] sont des agents virtuels non-autonomes qui reçoivent un ensemble d’actions à effectuer de la part de l’utilisateur. Les PCs se trouvent dans des jeux vidéo de rôle où l’utilisateur incarne l’agent virtuel. Leur comportement est dicté par l’utilisateur. Les PCs sont une projection de l’utilisateur dans l’environnement virtuel où ils se situent. L’interaction dans ce cas est à sens unique étant donné que l’agent virtuel ne communique pas avec l’utilisateur.

Les agents virtuels autonomes, désignés par l’acronyme NPC (Non-Player Character) [78] sont des agents intelligents qui observent l’environnement auquel ils appartiennent et agissent pour atteindre et réaliser leurs buts. Un NPC peut interagir soit avec un autre NPC, par exemple les personnages du jeu “The Sims”, soit avec un PC, comme les fantômes dans le jeu Pac-Man, ou bien directement avec l’utilisateur, comme avec Clippy le trombone de Microsoft Office.



## 1.3. AGENTS VIRTUELS CONVERSATIONNELS

### 1.3.2 Technologies de conception des agents virtuels

#### Modélisation graphique

La conception des agents virtuels et des environnements virtuels est un processus mettant en œuvre un ensemble de techniques complexes. Ce processus se décompose en 5 étapes [79, 80, 81] :

1. Modélisation 3D de l'agent virtuel (modeling) : cette étape consiste à créer une représentation 3D de l'objet ou du personnage en manipulant des polygones dans un espace 3D ;
2. Création de textures (texturing) : cette étape consiste à créer les textures à appliquer sur le modèle 3D. Ces textures sont l'habillement qui définit les couleurs, la transparence et la réflectivité de la lumière. Dans le cas d'un agent virtuel, la texture permet de définir les caractéristiques physiques, par exemple la couleur des cheveux, ainsi que les habits ;
3. Création du squelette (skeleton + rigging) : cette étape consiste à créer un squelette qui sera associé au modèle 3D de l'agent virtuel. Ce squelette est la base d'animation du modèle 3D. Son association au modèle 3D (rigging) définit les contraintes physiques par rapport aux mouvements. Un squelette avec un grand nombre d'os permet de reproduire plus de mouvements ;
4. Animation : cette étape consiste à enregistrer des animations en indiquant le point de départ d'un os du squelette et son point d'arriver ;
5. Rendu graphique (rendering) : cette étape consiste à compiler l'ensemble des paramètres des étapes précédentes pour un affichage sur un support tel qu'un navigateur web.

Plusieurs technologies existent pour réaliser toutes ces étapes. Maya 3D [79], 3ds Max [80] et Blender [81] sont des outils de modélisation et animation 3D performants. 3ds Max propose un outil de modélisation avancé permettant d'accélérer le processus de la modélisation 3D. Maya 3D propose un meilleur système d'animation. Blender propose tout un ensemble d'outils semblables à ses concurrents, sous la forme d'un logiciel libre et gratuit.

### 1.3. AGENTS VIRTUELS CONVERSATIONNELS

#### Moteurs physiques

Un moteur physique est un composant décrivant les interactions physiques entre les objets d'un environnement 3D [82]. Par exemple, un moteur physique sert à décrire le mouvement d'un fluide ou bien à décrire la collision entre deux objets, telle que la collision d'un ballon avec le sol.

PhysX [83] est un premier moteur physique développé par NVidia et optimisé pour exploiter les cartes graphiques NVidia. Ce moteur physique est utilisé dans plusieurs jeux vidéos. Par exemple, les jeux Batman et Call Of Duty se basent sur PhysX [84].

Bullet Physics [85] est un deuxième moteur physique libre contrairement à PhysX qui est propriétaire. Bullet Physics a été utilisé dans plusieurs jeux vidéo tel que le jeu Grand Theft Auto [86] et le jeu Rocket League [87].

#### 1.3.3 Plate-formes d'agents virtuels

Les plate-formes d'agents virtuels offrent un environnement prêt à être utilisé pour exploiter des agents virtuels dans une application.

Il existe un grand nombre de plate-formes d'agents virtuels conçues pour des utilisations différentes et ayant un niveau de réalisme et d'expressivité différent. Greta [88], XFace [89], Virtual Human Toolkit (VHT) [90] et MARC [10] sont des technologies différentes d'agents virtuels expressifs. La différence entre ces technologies réside dans les techniques de rendu de l'image graphique et des techniques utilisées pour l'animation et l'expressivité.

XFace offre la possibilité de créer seulement un visage d'un agent virtuel. Greta, Marc et VHT offrent la possibilité de créer le personnage virtuel au complet. Greta propose un personnage moins réaliste avec moins de détails au niveau du visage et du corps (figure 1.13). VHT (figure 8) et MARC (figure 9) exploitent un moteur de rendu plus performant offrant un niveau de réalisme plus poussé, telle que la création de rides au niveau du visage pour certaines expressions faciales.

## 1.4. ROBOTS D'ASSISTANCE ET AGENTS VIRTUELS



**figure 1.13** Agent virtuel Greta [88]

VHT et MARC offrent un environnement permettant la création non seulement de l'agent virtuel, mais aussi la modélisation d'un environnement virtuel dans lequel l'agent peut évoluer. L'agent virtuel peut aussi manipuler des objets de l'environnement virtuel.

## 1.4 Robots d'assistance et agents virtuels

Les technologies d'assistance pour les personnes âgées se sont développées depuis plusieurs années pour faciliter le maintien à domicile [91, 92], et pour réduire la fracture numérique entre les personnes âgées et les technologies. Des interfaces plus intuitives et des moyens d'interactions plus naturelles sont proposés, notamment des robots d'assistance ou des agents virtuels. Ces technologies ont pour but d'accompagner les personnes âgées en perte d'autonomie dans les tâches courantes et d'améliorer leur qualité de vie.

### 1.4.1 Robots d'assistance

Hector [93] est le nom donné à un robot mobile conçu pour assister les personnes âgées et les personnes avec des troubles cognitifs, dans plusieurs tâches liées à l'organisation temporelle (avec un agenda) ou à la vie courante tels que les appels télépho-

## 1.4. ROBOTS D'ASSISTANCE ET AGENTS VIRTUELS

niques ou vidéo. Ce robot, en plus d'une interface vocale, intègre une tablette avec un grand écran permettant à l'utilisateur d'interagir facilement et de le commander. Grâce aux capteurs intégrés, Hector est capable de se déplacer dans l'habitat en toute autonomie. Les expérimentations se sont rapportées à l'étude d'acceptabilité et d'utilisabilité sur deux jours avec 6 personnes ayant des troubles cognitifs et 5 personnes âgées. Cette étude a montré que les participants ont trouvé l'expérience agréable.

Le robot NAO [94] a été aussi utilisé à des fins physiothérapeutiques, encourageant et assistant les personnes âgées à faire des séances de sport intégrant 9 exercices physiques, préalablement programmés avec l'aide d'un physiothérapeute. Les expérimentations visaient à étudier l'efficacité d'un robot d'assistance pour aider dans la rééducation des personnes âgées. Les résultats de cette expérimentation, auprès de 13 résidents âgés, ont montré que ceux-ci réagissent positivement aux instructions du robot NAO.

Paro a été utilisé pour des objectifs psychophysiologiques. Ce robot a la particularité d'être un robot émotionnel contrairement à Hector qui n'intègre pas la communication émotionnelle ou bien à NAO qui a une faible communication émotionnelle. Les études [95, 96] concernant l'utilisation à long terme du robot Paro chez les personnes âgées ont montré que ce robot améliore l'humeur et l'état psychologique, diminue la dépression et le niveau de stress et aussi renforce les liens sociaux et les capacités de communication. Ces études ont été faites avec 37 participants.

### 1.4.2 Agents virtuels

Les agents virtuels sont une alternative aux robots d'assistance. Plusieurs agents virtuels ont été conçus pour aider à mieux vieillir à domicile. Malhotra et al, ont étudié la compréhension des expressions faciales d'un agent virtuel par les personnes âgées [97]. L'étude est réalisée en utilisant un agent virtuel expressif pour assister la personne âgée à se laver les mains [98]. L'expressivité de l'agent virtuel est réalisée selon le modèle dimensionnel EPA (Evaluation, Potency, Activity) [37]. Les résultats, de cette étude, montrent qu'il y a un consensus au niveau des axes E et P.

VICOMTech Research Centre [99] a étudié l'acceptabilité et l'utilisabilité d'un agent virtuel dans une maison intelligente. Cette étude, réalisée avec 15 personnes

## 1.5. CONCLUSION

âgées, consistait à comparer trois modes de communication (agent virtuel, message vocal et message textuel) et leurs impacts sur la mémoire. Le test d'utilisabilité a montré que l'agent virtuel rend l'utilisation de la technologie plus facile.

D'un autre côté, l'évaluation de l'acceptabilité d'un agent virtuel en photo-réaliste faite par Morandell [100, 101] avec l'agent virtuel nommé GmbH-ARC a montré que l'utilisation d'un agent virtuel améliore l'accessibilité du système pour les personnes âgées ayant des troubles cognitifs. L'expérimentation a été faite avec 12 personnes âgées sans troubles cognitifs et 12 personnes avec troubles cognitifs.

Une autre étude réalisée avec un agent virtuel nommé Karen [102] se base essentiellement sur la technique du magicien d'Oz. L'objectif principal était d'étudier l'acceptabilité d'un compagnon virtuel au domicile pour des personnes âgées isolées sur une période d'une semaine. Cette étude, réalisée avec 12 participants âgés, a montré une bonne acceptabilité du compagnon virtuel. Cette étude ne se limite pas seulement à l'intégration d'un agent virtuel au domicile des personnes âgées, mais aussi de recenser les sujets les plus abordés. Il a été remarqué que parler des activités quotidiennes, de la famille et des liens sociaux faisait partie des sujets les plus importants pour les personnes âgées.

L'étude présentée par Yaghoubzadeh [103] montre l'intégration d'un agent virtuel, nommé Billie, dans un calendrier pour des personnes ayant des troubles cognitifs. Cette étude s'est concentrée sur l'acceptabilité de l'agent virtuel. Elle a aussi montré la faisabilité technique d'un système autonome offrant une interaction vocale. L'étude de l'acceptabilité de l'agent virtuel a été réalisée à travers un premier prototype qui se base sur la technique du magicien d'Oz. Les participants devaient interagir avec l'agent virtuel Billie pour effectuer des tâches simples. Le deuxième prototype a permis d'explorer la piste de la faisabilité technique de l'interaction vocale. Ce prototype n'a pas été testé avec des participants.

## 1.5 Conclusion

L'expressivité non-verbale lors d'une communication naturelle représente une partie non-négligeable qui contribue à la compréhension du message transmis. Les modèles émotionnels développés permettent de mieux structurer la communication non-

## 1.5. CONCLUSION

verbale et surtout d'enrichir l'interaction. La complexité de l'implémentation des modèles émotionnels varie suivant le type du modèle et les données d'apprentissage. Les modèles émotionnels proposés ne sont pas exclusifs, c'est-à-dire qu'il est possible de mettre en place différents modèles qui cohabitent dans un même système. Par exemple, le modèle SIMPLEX [104] exploite un modèle cognitif qui évalue les émotions selon des critères fixés et le résultat est envoyé à un modèle catégoriel pour le transformer en expressions faciales. Par la suite, ces expressions faciales sont affichées sur le visage d'un agent virtuel ou sur un robot.

En analysant les expérimentations passées faites avec des agents virtuels et des robots, nous remarquons que la communication émotionnelle était très peu présente et que les chercheurs se sont plus occupés de l'intégration et des études d'usage de cette technologie.

Les robots créent une présence physique matérialisée qui s'accompagne d'un ensemble d'inconvénients à différents niveaux de risque. Hormis le coût élevé de fabrication des robots, ils sont, néanmoins, encombrants quand il s'agit d'une intégration à domicile. Pour un robot qui se déplace librement dans l'habitat, celui-ci est confronté à plusieurs obstacles qui peuvent nuire à son fonctionnement, tels que les escaliers, et qui peuvent mettre en danger la vie humaine, par exemple le robot aspirateur [105] qui a mis en danger la vie d'une personne âgée de 52 ans.

Les agents virtuels sont plus abordables que les robots et présentent moins de risques. Un agent virtuel peut se déplacer dans l'habitat [106] en passant de l'écran d'un ordinateur à l'écran de la télévision sans présenter des dangers sur la vie du résident. Le coût de développement et de maintenance d'un système intégrant un agent virtuel est plus faible que ceux d'un robot.

En conclusion, le maintien à domicile peut être facilité par des nouvelles technologies. Toutefois, la fracture numérique requiert de concevoir des technologies conviviales et faciles d'utilisation. Les agents virtuels sont une voie prometteuse et abordable pour cela. La convivialité des agents virtuels serait renforcée en incluant des émotions.

Cette thèse porte donc sur l'intégration d'émotions à un agent virtuel dans le but de faciliter l'utilisation des nouvelles technologies pour les personnes âgées.

# Chapitre 2

## Objectifs et méthodologie

Dans ce chapitre, nous allons décrire la méthodologie à suivre pour l'étude de la conception, le développement et l'implémentation d'agents virtuels émotionnels dans un outil d'aide à l'organisation de la vie quotidienne et aussi au maintien des liens sociaux. L'outil est un calendrier mural qui s'intègre au domicile des personnes âgées.

### 2.1 Contexte de la thèse

Les technologies d'information et de communication sont devenues des outils incontournables de la vie moderne. Pour les personnes âgées, cet univers en perpétuelle mutation peut représenter un obstacle à l'accès à l'information. Le manque de référence et de soutien et les déficiences physiques ou cognitives, que certaines personnes développent en vieillissant, rendent l'usage des nouvelles technologies difficile. Pourtant, les produits intelligents plus accessibles, tant au niveau physique que cognitif sont une réelle nécessité au sein de notre société moderne permettant aux personnes âgées de vivre de manière plus autonome et intégrée dans la vie sociale. Le maintien à domicile peut être facilité par des technologies d'assistance pour les personnes âgées en proposant des interfaces plus intuitives et des moyens d'interactions plus naturelles passant par des robots d'assistance ou des agents virtuels [107].

La revue de la littérature montre que les agents virtuels sont une voie prometteuse à explorer d'avantage pour faciliter l'accessibilité de la technologie aux personnes âgées. Il existe plusieurs tentatives d'intégrer des robots [93, 94] et des agents virtuels

## 2.2. OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES




[99, 100, 101] pour faciliter l'interaction avec les ordinateurs. Ces tentatives ont très peu abordé l'aspect du dialogue et l'aspect de l'expressivité de l'agent virtuel. Généralement, les expérimentations sont réalisées selon la technique du magicien d'Oz, où les fonctionnalités ne sont pas implantées mais réalisées de façon manuelle en fonction des réponses de l'utilisateur.

Dans cette thèse nous proposons un calendrier interactif permettant l'organisation de la vie quotidienne auprès des personnes âgées. Une première version du calendrier adaptée pour les personnes atteintes d'Alzheimer a été développée [108]. Cette version appelée AMELIS (Alzheimer MÉmoire et Liens Sociaux) montre non seulement le besoin de l'organisation de la vie quotidienne pour cette population, mais aussi la capacité d'apprentissage et d'appréhension de cette technologie.

Le but de cette recherche est d'intégrer un agent virtuel émotionnel dans un calendrier pour faciliter l'organisation de la vie quotidienne.

## 2.2 Objectifs et hypothèses

Les objectifs de cette thèse sont divisés en 3 catégories :

- **Objectifs de conception**  : Cette catégorie regroupe deux objectifs qui sont O2 et O3. Ces objectifs sont liés à la conception visuelle du calendrier, la conception des interactions ainsi que la conception de l'agent virtuel.
- **Objectifs d'interaction**  : Cette catégorie regroupe deux objectifs qui sont O1 et O5. Ces objectifs visent à valider auprès des personnes âgées les phases de conception du calendrier.
- **Objectif émotions**  : Cette catégorie groupe un seul objectif qui est O4. Cet objectif est lié à la conception du modèle d'émotions informatique, son intégration au calendrier et son évaluation auprès des personnes âgées.

Pour chaque objectif décrit ci-dessous, nous énonçons une ou plusieurs hypothèses.



## 2.2. OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES

### **I** O1 : Offrir un moyen d'interaction adapté à la personne âgée, facilitant l'appropriation de la technologie

**Hypothèse 1.1 :** L'interaction se basant sur le vocal avec un agent virtuel est plus appréciée et plus intuitive que l'interaction tactile pour les personnes âgées.

**Hypothèse 1.2 :** Les deux modes d'interaction (tactile, agent virtuel) peuvent cohabiter. L'utilisation d'un mode d'interaction varie suivant plusieurs paramètres comme la complexité de la tâche à effectuer, le temps et l'aisance et l'habitude à utiliser le mode d'interaction.

---

### **C** O2 : Concevoir un calendrier adapté aux besoins et aux attentes des personnes âgées

**Hypothèse 2.1 :** Les personnes âgées expriment le besoin d'avoir un outil technologique pour s'organiser et mieux gérer les activités et les rappels.

**Hypothèse 2.2 :** Un calendrier interactif augmenté et personnalisé est un outil divertissant tout en gardant sa fonction principale d'organisation temporelle.

---

### **C** O3 : Modéliser un agent virtuel offrant une facilité d'interaction avec le calendrier

**Hypothèse 3.1 :** L'apparence et l'environnement de l'agent virtuel jouent un rôle important dans l'interaction.

---

### **E** O4 : Implémenter un modèle émotionnel

**Hypothèse 4.1 :** L'agent virtuel peut rendre l'utilisateur, qui au préalable a peur de la technologie, plus confiant et plus à l'aise à utiliser la technologie.

**Hypothèse 4.2 :** La dynamique émotionnelle de l'agent virtuel dépend des actions entreprises par l'utilisateur durant son interaction.

---

## 2.3. MÉTHODOLOGIE

**I O5 : Évaluer la place que l’agent virtuel occupe dans le calendrier durant l’interaction**

**Hypothèse 5.1 :** L’agent virtuel attire l’attention de l’utilisateur durant l’interaction.

---

## 2.3 Méthodologie

La méthodologie respecte une méthodologie participative itérative[109], afin de mieux cerner les besoins et les attentes des personnes âgées [110, 111, 112]. Ce processus se décompose en 5 phases :

- **Phase 1 :** Conception participative du calendrier et de l’agent virtuel avec les personnes âgées.
- **Phase 2 :** Conception informatique et implémentation du calendrier et de l’agent virtuel inanimé.
- **Phase 3 :** Validation auprès des personnes âgées du calendrier avec l’agent virtuel inanimé.
- **Phase 4 :** Conception informatique et implémentation de l’agent virtuel émotionnel et de son environnement.
- **Phase 5 :** Validation auprès des personnes âgées du calendrier avec l’agent virtuel émotionnel.

Chaque phase de la méthodologie permet de répondre à une partie des objectifs et des hypothèses fixés dans la section précédente (section 2.2). La figure 2.1 montre le déroulement général de la méthodologie.

## 2.4. PHASE 1 : CONCEPTION PARTICIPATIVE DU CALENDRIER ET DE L'AGENT VIRTUEL AVEC LES PERSONNES ÂGÉES

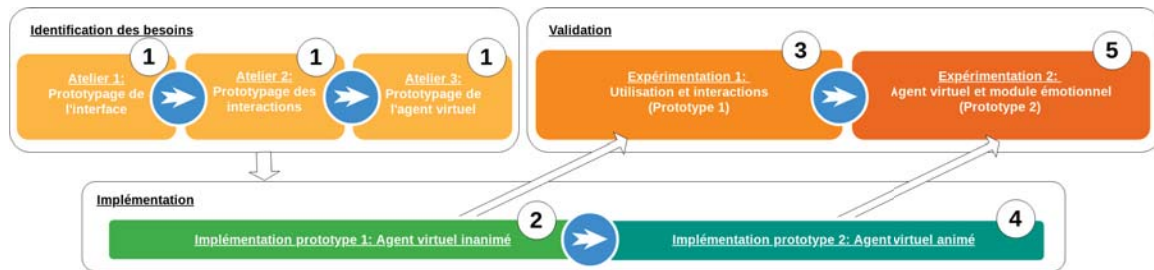


figure 2.1 Phases de la méthodologie

## 2.4 Phase 1 : Conception participative du calendrier et de l'agent virtuel avec les personnes âgées

L'identification des besoins des utilisateurs pour un calendrier interactif se base sur la conception participative [113, 114, 115], pour mieux comprendre les besoins, les attentes et les préférences des personnes âgées. Les personnes âgées ont participé au processus de conception. Ce processus est composé des étapes suivantes :

- Étape 1 : Conception participative de l'interface. Il s'agit d'une étape d'identification, de conception et de mise en place des fonctionnalités utiles aux personnes âgées et des éléments graphiques qui constituent l'interface ;
- Étape 2 : Conception participative des interactions. Cette étape permet d'identifier les modes d'interactions privilégié par les personnes âgées.
- Étape 3 : Conception participative de l'agent virtuel selon son aspect physique et vestimentaire, son expressivité et le dialogue avec les personnes âgées.

Les trois ateliers sont réalisés en groupes de cinq participants pour favoriser la créativité et les échanges.

### 2.4.1 Atelier 1 : Conception de l'interface

Cette première étape consiste à concevoir les éléments de l'interface graphique d'Amelis. La conception de l'interface se base sur un design plat [116], c'est-à-dire en partant d'une interface minimale, claire et sobre. L'objectif est de se concentrer sur les composants et leurs dispositions. Avec le design plat, les éléments graphiques

## 2.4. PHASE 1 : CONCEPTION PARTICIPATIVE DU CALENDRIER ET DE L’AGENT VIRTUEL AVEC LES PERSONNES ÂGÉES

sont simplifiés, en utilisant des formes géométriques simples pour différencier chaque élément.

Cet atelier se déroule en 3 phases :

- Phase pré-atelier : préparation des éléments de base.
- Phase atelier : conception participative.
- Phase post-atelier : synthèse des maquettes.

### Phase pré-atelier : préparation de l’atelier 1

Cette phase se déroule au laboratoire, durant laquelle nous préparons les éléments graphiques de départ à proposer aux participants. En se basant sur la version précédente d’Amelis (la figure E.1 illustre le calendrier mensuel de la version précédente), nous proposons les mêmes composants graphiques (calendrier mensuel, photo, météo, horloge), en y ajoutant plusieurs composants dont une vue hebdomadaire du calendrier, contacts, menu du restaurant.

L’objectif est de constituer un ensemble de départs de composants graphiques permettant lors de la phase d’atelier d’entamer la discussion.

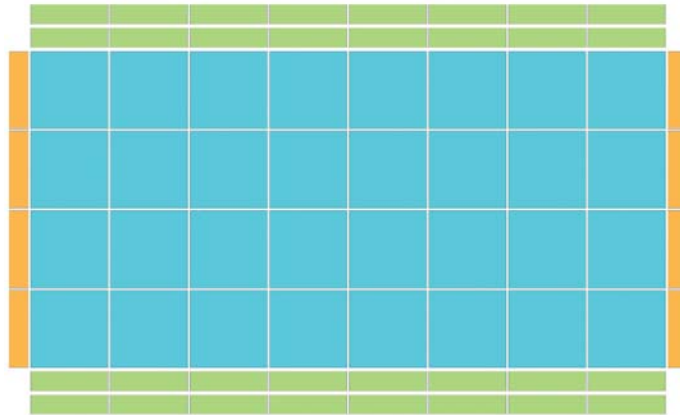
La liste des composants graphiques proposés est :

- Trois styles différents de calendrier mensuel (figure E.1).
- Un calendrier hebdomadaire (figure E.2).
- Deux styles différents d’horloge (une horloge numérique avec date et une horloge analogique (figure E.3).
- Trois styles différents du composant météo (figure E.4).
- Trois composants extras fournissant des fonctionnalités diverses telle qu’une prise de notes ou bien un aperçu du menu du restaurant de la résidence (figure E.6).

Pour placer ces composants et aider à la visualisation de la surface d’affichage, nous proposons une plate-forme vide (figure 2.2). Cette plate-forme est divisée en trois zones (une zone centrale puis deux zones périphériques). La zone centrale sert essentiellement pour accueillir des composants importants (par exemple le calendrier) et les zones périphériques, c’est pour l’affichage d’informations secondaires.

En plus de l’ensemble des composants de départ, nous préparons des “post-it” et des crayons pour permettre la création de nouveaux composants graphiques qui

## 2.4. PHASE 1 : CONCEPTION PARTICIPATIVE DU CALENDRIER ET DE L'AGENT VIRTUEL AVEC LES PERSONNES ÂGÉES



**figure 2.2** Plate-forme de prototypage vide

peuvent être imaginés par les participants durant l'atelier.

### Phase atelier

Cette phase se déroule dans la résidence des personnes âgées. Durant cette phase, nous présentons l'ensemble des composants de départ en indiquant la fonction de chacun. Puis une discussion est lancée pour concevoir de nouveaux composants qui peuvent être rajoutés au calendrier. Par la suite, chaque participant sélectionne les composants les plus pertinents et indispensables pour la création de son calendrier électronique "idéal".

À la fin de l'atelier ne sont gardés que les composants graphiques sélectionnés par le groupe. À cette étape, l'interface est prototypée, c'est-à-dire que les participants décident de la disposition des composants sur la plate-forme (qui représente l'écran). Chaque composant peut avoir des dimensions variables, les cases sur la plate-forme (figure 2.2), permettent de créer un repère pour mieux visualiser les grandeurs des composants.

### Phase post-atelier

La phase post-atelier sert à recréer au propre les maquettes conçues durant la phase précédente. Le but est de permettre de faire une maquette de synthèse contenant les composants graphiques qui ont été sélectionnés par les différents groupes.

## 2.4. PHASE 1 : CONCEPTION PARTICIPATIVE DU CALENDRIER ET DE L'AGENT VIRTUEL AVEC LES PERSONNES ÂGÉES

Durant cette phase, nous nous basons sur les règles du “material design” de Google [117, 118] qui correspondent à une évolution du design plat. Ceci permet de concevoir un design avec un effet de profondeur créé grâce à une variation d'éclairage et d'ombres. Ce concept de design permet de préparer une base par la suite pour les animations des composants graphiques surtout en s'assurant que chaque mouvement a une signification.

La maquette de synthèse est la base de départ pour le deuxième atelier de prototypage. Cette maquette de synthèse est construite en sélectionnant les éléments graphiques qui reviennent le plus souvent dans les maquettes de chaque groupe. La disposition dépend aussi des choix des groupes ainsi que de la cohérence et la synergie avec les autres composants.

### 2.4.2 Atelier 2 : Conception des interactions

Cet atelier, qui se déroule à la résidence avec les personnes âgées, est une continuité du premier atelier. Cet atelier est organisé sous forme d'un jeu. L'objectif principal est de présenter différentes façons d'interagir avec l'interface et en même temps de créer l'association de chaque composant à son moyen d'interaction préféré.

#### Phase pré-atelier : préparation de l'atelier

Durant cette phase qui se déroule au laboratoire, nous préparons les éléments nécessaires au déroulement de l'atelier. Nous préparons des cartes (figure 2.3) qui expliquent les trois modes d'interaction que nous proposons. Nous préparons aussi un ensemble de cartes vierges utilisables pour imaginer de nouveaux modes d'interaction durant le déroulement de l'atelier.

Nous préparons aussi des vidéos démonstratives courtes associées à chaque mode d'interaction pour les illustrer.

#### Phase atelier

Cette phase se déroule avec les participants au projet dans leur résidence. Pour commencer nous présentons la maquette de synthèse du premier atelier, puis nous expliquons chaque composant de la maquette. Pour chaque composant graphique, le

## 2.4. PHASE 1 : CONCEPTION PARTICIPATIVE DU CALENDRIER ET DE L'AGENT VIRTUEL AVEC LES PERSONNES ÂGÉES

groupe décide des actions possibles en utilisant des punaises de couleur. Le groupe peut associer à chaque composant une ou plusieurs actions, comme consulter, modifier, ajouter, supprimer, ou autre.

Ensuite, nous donnons à chaque candidat un ensemble de cartes (figure 2.3) qui représentent les interactions. Nous expliquons chaque mode d'interaction oralement puis, nous montrons une vidéo d'illustration d'un cas d'utilisation. À la fin des présentations des moyens d'interactions, les participants débattent des avantages et des inconvénients de chaque mode d'interaction. Au besoin, d'autres façons d'interaction sont imaginées.

Finalement, pour chaque action, chaque participant sélectionne le mode d'interaction qu'il préfère et en posant la carte d'interaction devant lui. Le mode d'interaction ayant obtenu le plus grand nombre de votes est retenu.

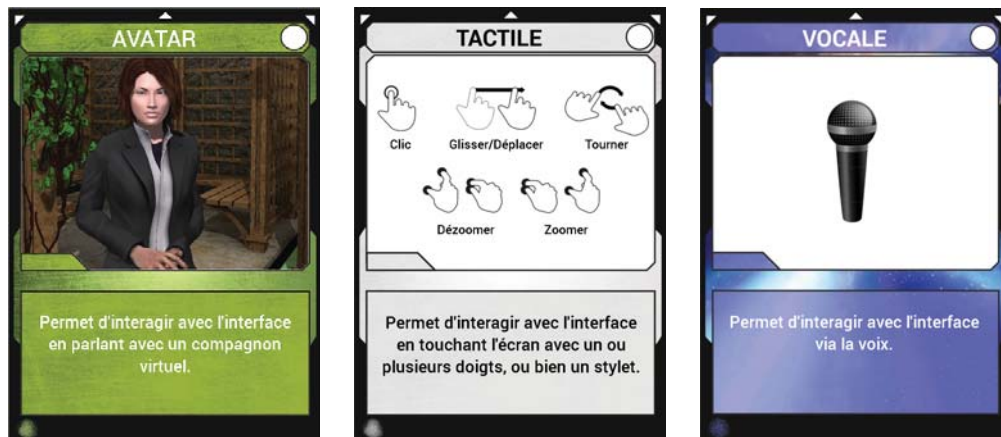


figure 2.3 Cartes d'interactions

### Phase post-atelier

Durant la phase post-atelier du deuxième atelier de prototypage, nous transcrivons les vidéos enregistrées pour chaque groupe. La transcription est utilisée pour analyser les avis des participants sur les moyens d'interaction proposés. L'analyse des verbatims se fait sur la base des critères d'évaluation ergonomique des interfaces [119, 120].

## 2.4. PHASE 1 : CONCEPTION PARTICIPATIVE DU CALENDRIER ET DE L'AGENT VIRTUEL AVEC LES PERSONNES ÂGÉES

### 2.4.3 Atelier 3 : Conception de l'agent virtuel

L'objectif de la conception de l'agent virtuel est divisé en deux. La première phase consiste à concevoir l'apparence de l'agent virtuel en définissant son genre, son style vestimentaire et ses traits de personnalité en se basant sur le *Big Five Model* [62, 63] (appelé aussi *Five-Factor Model*). La deuxième phase est dédiée au développement du dialogue entre l'utilisateur et l'agent virtuel.

#### Phase pré-atelier (préparation de l'atelier)

Durant cette phase qui se déroule au laboratoire, nous préparons les éléments nécessaires au déroulement de l'atelier. Le support d'animation de l'atelier est composé de :

- Planches de style présentant des éléments corporels de genre et d'âges variés ainsi qu'une pluralité de styles vestimentaires (figures F.1, F.2, F.3, F.4).
- Trois situations d'interaction où le rôle et la personnalité de l'agent virtuel sont différents et contrastants (le dialogue des 3 situations se trouve à l'Annexe G).
- Cartes d'émotions (22 émotions décrites dans le modèle OCC [22]).

Les 3 situations d'interaction sont les suivantes :

**Situation d'interaction 1 :** La personnalité de l'agent virtuel de cette situation selon le modèle MBTI concorde avec la personnalité d'un logisticien qui est pratique et soucieux des faits et qui est fiable. Cette situation d'interaction représente donc, un agent virtuel ludique, fiable et serviable, mais qui reste en retrait et qui est contrôlable par l'utilisateur. La personnalité de l'agent virtuel évite les ambiguïtés. L'agent virtuel confirme régulièrement l'avancement du dialogue. Dans le cas d'une incompréhension, l'agent virtuel demande à l'utilisateur de répéter.

L'agent virtuel est serviable et prêt à fournir l'aide nécessaire à l'utilisateur, emploie le pronom personnel "tu" pour communiquer. La personnalité se rapproche plus d'une personnalité d'un ami ou d'un proche avec un rang social inférieur à celui de l'utilisateur.



## 2.4. PHASE 1 : CONCEPTION PARTICIPATIVE DU CALENDRIER ET DE L'AGENT VIRTUEL AVEC LES PERSONNES ÂGÉES

**Situation d'interaction 2 :** La personnalité représentée dans cette situation est une personnalité de robot. Cette situation d'interaction représente un agent virtuel qui impose le déroulement de l'interaction sans donner de retours (feedback) à l'utilisateur. L'interaction est froide et démunie de caractère émotionnel. Les incompréhensions ne sont pas explicitées et dans le cas où l'information donnée par l'utilisateur est incorrecte ou pas comprise, le retour ressemble à une réponse robotisée, par exemple "Réponse incorrecte".

**Situation d'interaction 3 :** La personnalité représentée dans cette situation selon le modèle MBTI concorde avec la personnalité d'un consul extraordinairement attentionné, social et toujours désireux d'aider. L'agent virtuel est pro-actif (propose des objets à ajouter en pense-bête au rendez-vous) et en cas d'incompréhension, il demande de répéter la partie qu'il n'a pas comprise. La personnalité de l'agent virtuel fait en sorte qu'il place son action sur le plan du "plaisir relationnel".

### Phase atelier

Cette phase se déroule avec les participants au projet à la résidence et elle se déroule en deux étapes :

1. **Étape 1 :** Construction de l'agent virtuel.
2. **Étape 2 :** Construction de la personnalité de l'agent virtuel.

Après avoir présenté le contexte du projet et le but de la rencontre, nous entamons la première étape où nous présentons les planches de style (figures F.1, F.2, F.3, F.4) et nous demandons aux participants de construire l'agent virtuel désiré. Durant cette étape le participant peut choisir de modifier, rajouter ou supprimer des éléments aux planches de style proposées. À la fin de cette étape, chaque participant explique ses choix.

La deuxième étape, qui a pour but de construire la personnalité de l'agent virtuel, consiste à jouer un dialogue entre l'utilisateur et l'agent virtuel. Pour cela, les chercheurs animant l'atelier vont jouer trois scènes où l'un d'eux joue l'agent virtuel et l'autre l'utilisateur. Chaque scène jouée met en avant une situation particulière des trois situations précédemment décrites, où la personnalité de l'agent virtuel est

## 2.4. PHASE 1 : CONCEPTION PARTICIPATIVE DU CALENDRIER ET DE L'AGENT VIRTUEL AVEC LES PERSONNES ÂGÉES

mise en avant. À la fin de chaque situation, les participants sélectionnent les émotions représentées par les 22 cartes d'émotions du modèle OCC décrivant l'interaction et expliquent leurs choix.

### Phase post-atelier

Durant cette phase, nous analysons les données de l'atelier, d'un côté, sur l'aspect physique et vestimentaire de l'agent virtuel. Et d'un autre côté, la personnalité de l'agent virtuel selon le modèle Big-Five.

#### 2.4.4 Questionnaire individuel

À la fin du deuxième atelier de prototypage, nous proposons à chaque participant de remplir un questionnaire sur les modalités d'interaction (Annexe A). Ceci permet d'offrir au participant l'opportunité de s'exprimer personnellement sans l'influence du groupe.

#### 2.4.5 Analyse des ateliers

L'analyse des ateliers se fait en se basant sur les données acquises durant les ateliers de prototypages. L'objectif de cette analyse est de pouvoir repérer les données pertinentes à la réalisation du calendrier Amelis ainsi que l'agent virtuel et ses caractéristiques émotionnelles.

Les données acquises durant les ateliers constituent une référence vers tous les besoins, les attentes et les préférences des participants. Cette référence concerne d'un côté l'aspect visuel du calendrier, c'est-à-dire les composants, la disposition, la lisibilité, la compréhension des icônes, et d'un autre côté l'aspect interactions, c'est-à-dire les moyens préférés pour manipuler le calendrier.

Cette analyse se fait en deux étapes suivant la grille d'analyse définie dans le tableau 2.1 :

1. Transcription des vidéos enregistrées durant les ateliers de prototypage.
2. Étiquetage des verbatims pour faire ressortir les données pertinentes liées aux fonctionnalités, aux actions, aux interactions, aux activités de la vie quotidienne

## 2.5. PHASE 2 : CONCEPTION ET MODÉLISATION DU CALENDRIER ET DE L'AGENT VIRTUEL INANIMÉ

et aux critères d'ergonomie.

**tableau 2.1** Grille d'analyse des ateliers

Champs	Description
Groupe	Le numéro de l'atelier et le numéro du groupe de participants.
Temps	Le temps dans la vidéo.
Locuteur	La personne qui parle à un instant donné.
Verbatim	Ce que la personne dit.
Notes info vidéos	Ce champ sert à rajouter une information supplémentaire permettant de clarifier le verbatim, par exemple, le participant montre avec son doigt le composant calendrier mensuel.
Fonctionnalités	La (ou les) fonctionnalité(s) évoquée(s) dans le verbatim, par exemple : calendrier mensuel.
Actions	L'action discutée, par exemple : ajout d'une activité.
Interactions	L'interaction discutée, par exemple : compagnon virtuel, tactile, ou vocale.
Ergonomie	Les critères d'ergonomies liés au verbatim, par exemple "lisibilité" ou bien "guidage".

L'analyse de l'atelier de prototypage 3 se fait en se basant sur le modèle Big-Five des personnalités appliqué aux verbatims. Nous dégageons des verbatims le nombre de séquences qui se rapportent à chacun des 5 traits du modèle Big-Five (OCEAN).

## 2.5 Phase 2 : Conception et modélisation du calendrier et de l'agent virtuel inanimé

Amelis est installé sur un appareil doté d'un écran tactile. Ceci limite le contrôle du calendrier juste au toucher et contraint donc les utilisateurs à manipuler un clavier visuel pour saisir les données relatives aux activités.

L'architecture interactive d'Amelis (figure 2.4) se décompose en deux parties importantes, l'interaction tactile et l'interaction vocale avec un agent virtuel émotionnel. Les composants de l'architecture interactive d'Amelis sont :

- **Amelis Frontend** : Représente l'interface du calendrier. L'utilisateur peut interagir en modalité tactile. Cette interface renvoie les actions effectuées au

## 2.5. PHASE 2 : CONCEPTION ET MODÉLISATION DU CALENDRIER ET DE L'AGENT VIRTUEL INANIMÉ

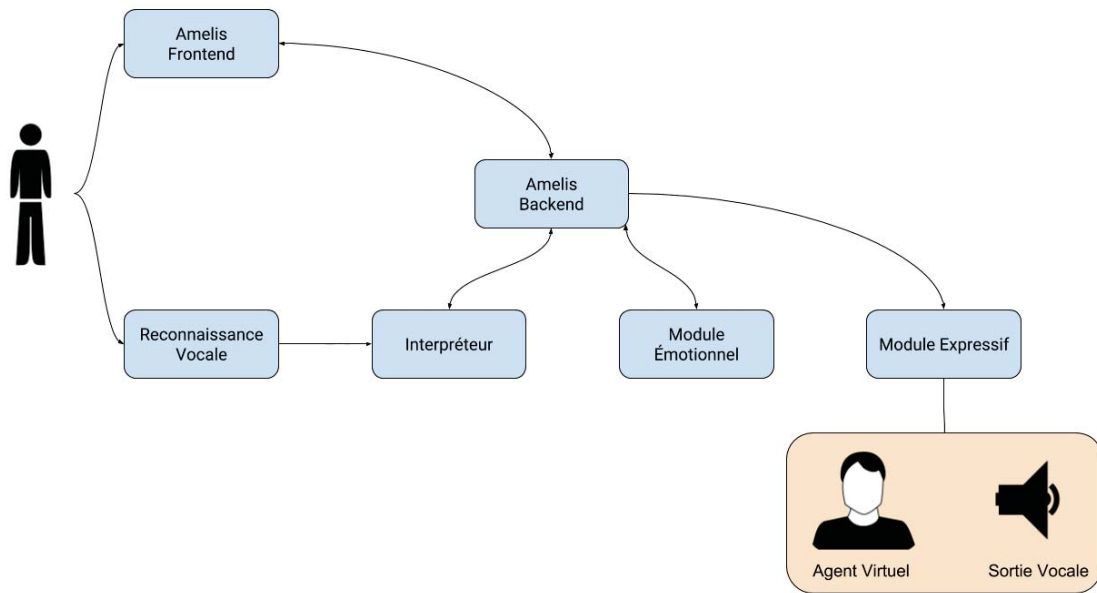


figure 2.4 Architecture interactive d'Amelis

composant **Amelis Backend**.

- **Amelis Backend** : Représente le composant central implémentant la logique d'Amelis liée aux actions de l'utilisateur, que ce soit en tactile ou en vocal. Ce composant interagit avec la base de données pour sauvegarder les rendez-vous ou bien pour les récupérer. La communication se fait dans les deux sens entre **Amelis Frontend** et **Amelis Backend**. Par exemple, pour afficher un rappel sur l'écran, **Amelis Backend** envoie une commande au composant **Amelis Frontend**. Aussi, lorsque l'utilisateur utilise l'interaction tactile pour ajouter un rendez-vous, lors de la validation, **Amelis Frontend** envoie une commande à **Amelis Backend** pour qu'il l'enregistre dans la base de données.
- **Reconnaissance Vocale** : Transcrit la voix de l'utilisateur en texte pour le renvoyer ensuite à l'**interpréteur**.
- **Interpréteur** : Interprète le texte de l'utilisateur en extrayant la commande souhaitée (exemple : ajouter un rendez-vous) et propose une réponse sous la forme d'un texte. Ce composant peut recevoir aussi un ordre de **Amelis Backend** pour formuler une phrase à dire à l'utilisateur. Par exemple, pour annoncer un rappel, la phrase est construite par l'interpréteur selon les para-

## 2.6. PHASE 3 : VALIDATION AUPRÈS DES PERSONNES ÂGÉES DU CALENDRIER AVEC L’AGENT VIRTUEL INANIMÉ

mètres du rendez-vous.

- **Module Émotionnel** : Calcule l’état affectif de l’agent virtuel selon les événements reçus et selon l’historique affectif et la personnalité définie de l’agent virtuel. Ce composant envoie ensuite les paramètres émotionnels à **Amelis Backend** qui les renvoie au **Module Expressif**.
- **Module Expressif** : Traduit les paramètres émotionnels pour les afficher sur l’agent virtuel et énonce vocalement la phrase transcrite par l’interpréteur.

Après la conception du calendrier par les personnes âgées, réalisée en phase 1, le calendrier sera implanté. Durant la phase 2, les composants du Backend, Frontend, reconnaissance vocale, interpréteur et la partie synthèse vocale du module expressif sont implantés et font l’objet d’une validation auprès des personnes âgées dans la phase 3. Le module émotionnel est implanté et le module expressif est augmenté, avec l’intégration de l’agent virtuel animé, pendant la phase 4.

## 2.6 Phase 3 : Validation auprès des personnes âgées du calendrier avec l’agent virtuel inanimé

Les expérimentations des moyens d’interaction se font au domicile des personnes âgées chez qui nous installons une tablette avec Amelis. Des critères de recrutement sont fixés pour la sélection des participants :

- Avoir plus de 70 ans et vivre seul dans le logement ;
- Ne pas présenter de trouble cognitif (score cognitif supérieur à 25/30) ;
- Pouvoir interagir avec le système : vision et audition corrigées, motricité permettant l’interaction tactile, voix reconnue par le système de reconnaissance vocale du calendrier Amelis ;
- Être volontaire pour une participation de 12 semaines.

La durée des expérimentations à domicile est de deux mois. Durant cette période, quatre participants sont recrutés pour participer à l’expérimentation. La première phase est une phase d’apprentissage durant laquelle les participants sont formés à utiliser Amelis avec les différents moyens d’interactions disponibles. À la fin de la période de formation, les participants sont amenés à utiliser Amelis chez eux.

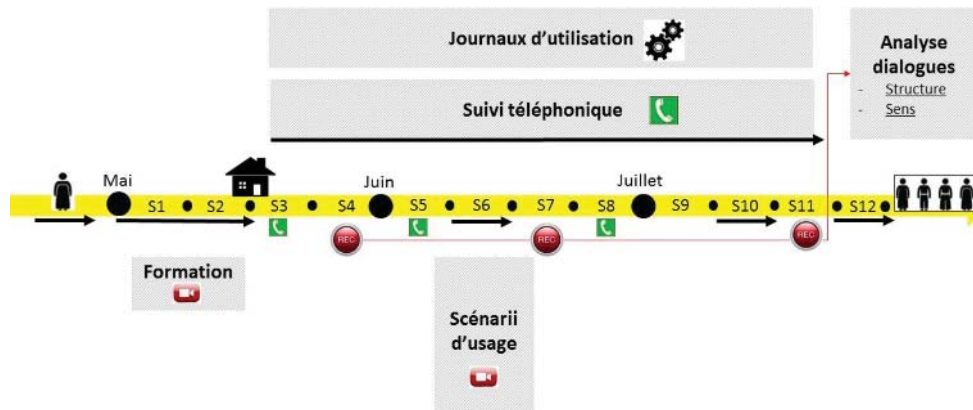
## 2.6. PHASE 3 : VALIDATION AUPRÈS DES PERSONNES ÂGÉES DU CALENDRIER AVEC L'AGENT VIRTUEL INANIMÉ

Nous observons différents paramètres liés à l'utilisation de Amelis. Les journaux d'utilisation permettent de savoir quel moyen d'interaction a été utilisé pour effectuer un des événements définis. Les journaux d'utilisation permettent aussi d'évaluer le niveau d'appréciation de chaque moyen d'interaction associé à l'événement, et ce, à travers le nombre de fois où l'utilisateur fait appel à un moyen d'interaction pour effectuer une tâche.

Nous avisons les participants qu'un enregistrement vocal est fait à 3 périodes différentes, au début, au milieu et à la fin de la période d'expérimentation. L'utilisateur est notifié avant que l'enregistrement commence et il a le droit d'interrompre l'enregistrement à tout moment. L'analyse de ces enregistrements nous permet de :

- Voir l'évolution de l'utilisation de Amelis ;
- Analyser le dialogue entre le participant et l'agent virtuel ;
- Avoir un moyen pour évaluer les modes d'interaction vocale et agent virtuel ;
- Demander aux participants des détails sur certaines situations qui ont causé un abandon ou la non-utilisation d'un moyen d'interaction.

Le déroulement de l'expérimentation à domicile est décrit dans la figure 2.5.



**figure 2.5** Déroulement de l'expérimentation des moyens d'interactions

Cette expérimentation est validée par le comité d'éthique de l'Université de Sherbrooke (numéro de dossier **2015-1179**).

## 2.7 Phase 4 : Conception de l'agent virtuel émotionnel et de son environnement

### 2.7.1 Agent virtuel émotionnel

Le mode d'interaction de l'agent virtuel permet de rajouter une composante interactive importante qui est la communication émotionnelle non-verbale, en plus d'une communication verbale.

La communication verbale de l'agent virtuel se rapproche plus d'un dialogue naturel. En plus d'une expressivité augmentée, l'agent virtuel est intégré dans son propre environnement virtuel lui permettant d'évoluer par rapport au temps tout en restant cohérent avec l'environnement réel de l'utilisateur.

L'agent virtuel introduit aussi les rappels implicites et explicites qui se basent sur certains objets virtuels (clefs, parapluie, etc.) intégrés dans l'environnement virtuel.

### 2.7.2 Module émotionnel

#### Modèle général

Le modèle émotionnel général d'Amelis (figure 2.6) s'inspire du modèle SIMPLEX [104] qui lie plusieurs composants et modèles émotionnels ensemble.

Dans ce modèle, nous capturons les événements de l'environnement, par exemple "ajouter un rendez-vous au calendrier", ces événements sont évalués pour en déduire les émotions que l'agent virtuel pourrait exprimer. L'évaluation d'un événement est affectée par le (ou les) but(s) de l'agent virtuel.

Ces émotions sont envoyées au module expressif pour les convertir en expressions faciales, selon le modèle FACS [40] de Ekman.

Le modèle émotionnel calcule les émotions à afficher à partir des événements reçus du frontend, de la personnalité de l'agent virtuel et de l'humeur. La personnalité définit les constantes décrivant le profil de l'agent, que celui-ci soit très expressif ou de tendance négative.

L'humeur définit les émotions à moyen terme. L'humeur a une influence sur l'émotion exprimée à un instant donné. La formule 2.1 définit l'humeur à un instant 't'

## 2.7. PHASE 4 : CONCEPTION DE L'AGENT VIRTUEL ÉMOTIONNEL ET DE SON ENVIRONNEMENT

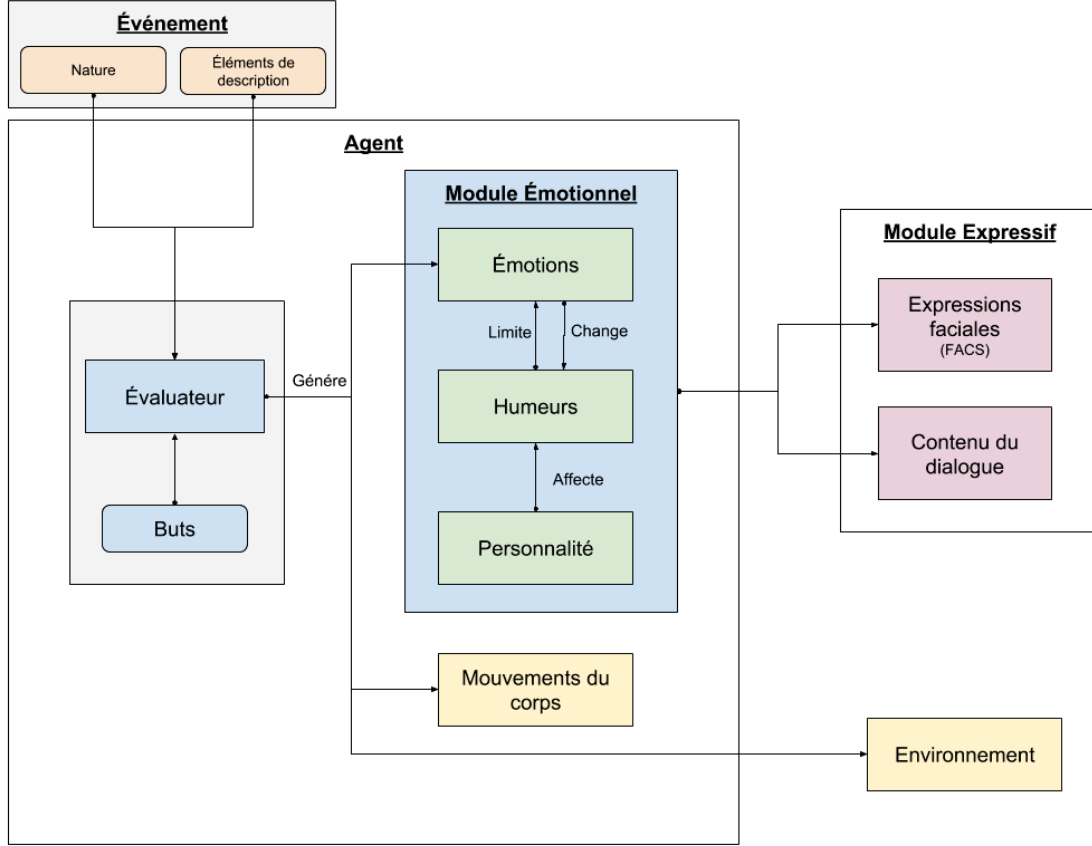


figure 2.6 Modèle émotionnel de Amelis

comme une fonction faisant intervenir la personnalité, l'émotion et un facteur de vitesse de dissipation de l'humeur. Cette vitesse de dissipation ramène l'émotion à une humeur neutre qui correspond à la personnalité de l'agent virtuel.

$$\begin{aligned}
 Humeur(t) &= Personnalité + Emotion(t) + Dissipation(t) \\
 Dissipation(t) &= Humeur(t - 1) \times c^{temps_{écoulé}}
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

Avec :

- *Personnalité* est une constante PAD calculée en utilisant la formule 2.2 pour convertir les traits de personnalité OCEAN en un vecteur PAD.
- *Emotion(t)* est la valeur PAD de l'émotion liée à l'événement reçu à l'instant  $t$  sans prendre en considération l'historique émotionnel. Ce paramètre peut être



## 2.7. PHASE 4 : CONCEPTION DE L'AGENT VIRTUEL ÉMOTIONNEL ET DE SON ENVIRONNEMENT

nul dans le cas où aucun événement n'est reçu.

- $Dissipation(t)$  est une fonction mathématique exponentielle permettant de réinitialiser la valeur de l'humeur à la valeur initiale qui est la *Personnalité*. Cette fonction fait intervenir le temps écoulé depuis la réception du dernier événement ainsi que la valeur de l'humeur à l'instant  $t - 1$ . Le paramètre  $c$  dans l'équation de la dissipation est une constante qui se trouve dans l'intervalle ouvert  $]0, 1[$ . L'intervalle exclue les valeurs 0 et 1, parce que dans le cas où  $c = 0$  la dissipation devient nulle et dans ce cas l'humeur n'est plus significative. Dans le cas où  $c = 1$ , l'humeur devient cumulative et le retour vers l'état neutre n'est plus possible.

Pour la mise en place du modèle général, nous mettons en oeuvre les modèles psychologiques suivant :

- Modèle FFM [63] pour la personnalité.
- Modèle OCC [22] pour l'évaluation des émotions.
- Modèle PAD [71] pour la liaison entre les émotions et la personnalité.
- Modèle FACS [40] pour l'expressivité faciale.

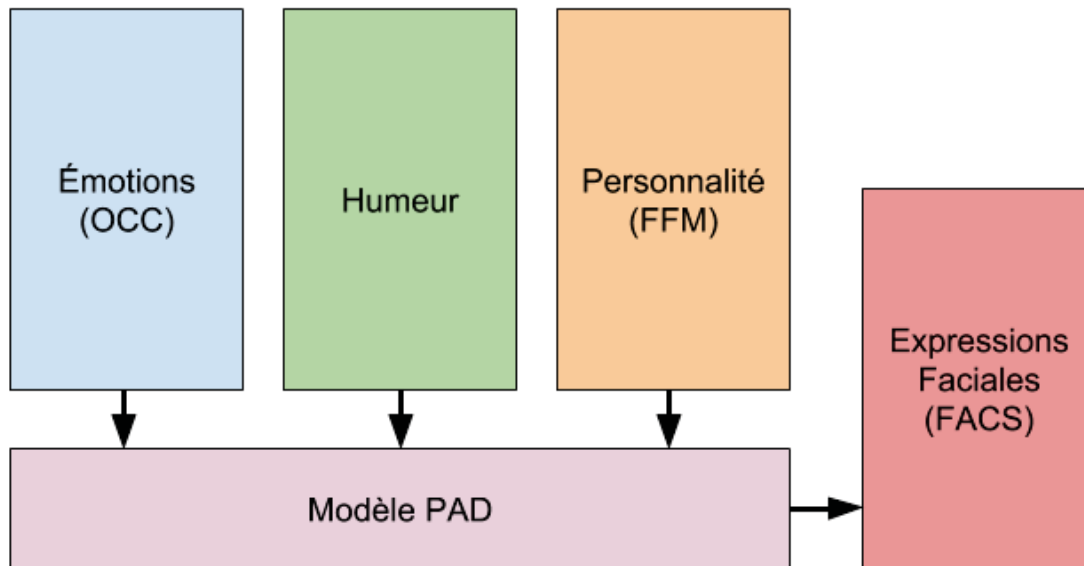


figure 2.7 Relations entre les modèles émotionnels

## 2.7. PHASE 4 : CONCEPTION DE L'AGENT VIRTUEL ÉMOTIONNEL ET DE SON ENVIRONNEMENT

Le choix de ces modèles est fait sur la base de la compatibilité entre eux, figure 2.7. Mehrabian propose une transposition du modèle FFM en PAD [70]. Les émotions du modèle OCC sont transposables aussi dans le modèle PAD [69]. Le modèle PAD fournit une quantification des émotions et qui seront ensuite converties en expressions faciales avec le modèle FACS. Le modèle PAD représente l'espace commun permettant de rejoindre la personnalité selon FFM et les émotions évaluées selon OCC, et garantit ainsi un même langage de communication entre les deux.

### Modèle de personnalité (FFM)

L'analyse de la personnalité se fait selon le modèle FFM [63] qui décrit cinq traits principaux de la personnalité :

- Ouverture : le niveau d'ouverture à une nouvelle expérience. Cette variable permet de distinguer les personnes imaginatives et créatives aux personnes conventionnelles. Ce paramètre décrit donc une personne curieuse, et qui aime l'aventure.
- Conscience : le niveau du respect des obligations et de l'autodiscipline.
- Extraversion : le niveau d'énergie que possède la personne et donc le niveau d'interaction avec le monde extérieur. Les extravertis apprécient la compagnie des gens et ressentent souvent des émotions positives.
- Agréabilité : le niveau de compassion et de coopération sociale. Les individus non "agréables" mettent leur intérêt personnel avant la cohésion avec autrui.
- Neuroticisme : le niveau de stabilité émotionnelle. Un fort niveau de neuroticisme pousse à éprouver plus facilement un sentiment négatif comme l'anxiété, la colère ou la dépression.

### Modèle des émotions (OCC)

Le modèle (figure 1.3) évalue d'un point de vue cognitif l'événement que l'agent virtuel reçoit pour en déduire l'émotion résultante.

L'évaluation des émotions se base sur le moteur émotionnel GAMYGDALA [27] pour jeux vidéo qui implémente le modèle OCC. L'évaluation consiste à calculer le niveau de désirabilité d'un événement selon sa contribution à la réalisation d'un but.

## 2.7. PHASE 4 : CONCEPTION DE L'AGENT VIRTUEL ÉMOTIONNEL ET DE SON ENVIRONNEMENT

Ce moteur d'émotions renvoie le résultat de l'évaluation émotionnelle sous deux formes :

- Les noms des émotions selon le modèle OCC.
- La correspondance des émotions avec la valeur dans le repère PAD.

Le modèle psychologique OCC identifie 22 émotions divisées en émotions positives et négatives. Le tableau 2.2 énumère ces émotions :

**tableau 2.2** Types des émotions identifiés dans le modèle OCC

Émotions Positives	Émotions négatives
joie	ressentiment
jubilation	pitié
espoir	peur
contentement	peur
soulagement	déception
joie	angoisse
fierté	honte
admiration	reproche
amour	haine
satisfaction	remords
reconnaissance	colère

### Modèle dimensionnel des émotions (PAD)

Le modèle PAD (Pleasure-Arousal-Dominance) développé par Mehrabian et Russell [70], quantifie les émotions, faisant ainsi la liaison entre le modèle OCC et le modèle Five-Factor [69].

Ce modèle dimensionnel regroupe les émotions dans un espace à 3 dimensions (Pleasure, Arousal et Dominance). Dans le tableau 2.3, chaque émotion décrite dans le modèle OCC est associée à des valeurs du triplet (Pleasure, Arousal et Dominance).

Mehrabian [71] donne une correspondance entre le modèle Five-Factor et le modèle dimensionnel PAD, formules 2.2.

## 2.7. PHASE 4 : CONCEPTION DE L'AGENT VIRTUEL ÉMOTIONNEL ET DE SON ENVIRONNEMENT

**tableau 2.3** La correspondance entre les émotions définies dans OCC et le modèle PAD à trois dimensions

Emotion	Pleasure	Arousal	Dominance
Admiration	.49	-.19	.05
Jubilation	.08	.11	.44
Contentement	.39	-.18	.41
Reconnaissance	.69	-.09	.05
Joie	.75	.17	.37
Espoir	.22	.28	-.23
Joie	.82	.43	.55
Amour	.80	.14	.30
Fierté	.72	.20	.57
Soulagement	.73	-.24	.06
Satisfaction	.65	-.42	.35
Colère	-.62	.59	.23
Déception	-.64	-.17	-.41
Angoisse	-.75	-.31	-.47
Peur	-.74	.47	-.62
Peur	-.74	.42	-.52
Haine	-.52	.00	.28
Pitié	-.27	-.24	.24
Remords	-.42	-.01	-.35
Reproche	-.41	.47	.50
Ressentiment	-.52	.00	.03
Honte	-.66	.05	-.63

## 2.7. PHASE 4 : CONCEPTION DE L'AGENT VIRTUEL ÉMOTIONNEL ET DE SON ENVIRONNEMENT

$$\begin{aligned}
P &= 0.21 \times E + 0.59 \times A + 0.19 \times N \\
A &= 0.15 \times O + 0.30 \times A - 0.57 \times N \\
D &= 0.25 \times O + 0.17 \times C + 0.60 \times E - 0.32 \times A
\end{aligned} \tag{2.2}$$

Avec :

- O le niveau d'ouverture.
- C le niveau de conscienciosité.
- A le niveau d'agréabilité.
- E le niveau d'extraversion.
- N le niveau de neuroticisme.

Dans le modèle PAD, l'intensité de chaque émotion est définie en incluant la composante personnalité, la composante émotion et la composante humeur. Ceci nous permet de faire la liaison avec le modèle expressif faciale.

Ainsi nous pouvons définir les vecteurs suivants :

$$Emotion = \begin{bmatrix} P_{Emotion} \\ A_{Emotion} \\ D_{Emotion} \end{bmatrix}; FFM = \begin{bmatrix} P_{FFM} \\ A_{FFM} \\ D_{FFM} \end{bmatrix}; Humeur = \begin{bmatrix} P_{Humeur} \\ A_{Humeur} \\ D_{Humeur} \end{bmatrix} \tag{2.3}$$

Le vecteur de l'humeur est le vecteur utilisé pour générer les expressions faciales. Selon la formule 2.1, la valeur de ce vecteur varie par rapport au temps et tend vers le vecteur FFM de la personnalité grâce au facteur de dissipation de l'émotion.

### Modèle catégoriel des expressions faciales (FACS)

Le modèle catégoriel d'Ekman [41, 40] est utilisé pour générer les émotions sur le visage de l'agent virtuel. Les émotions évaluées lors des étapes précédentes, en combinant les émotions issues des événements et de la personnalité de l'agent virtuel, sont ainsi converties en expressions faciales selon le modèle FACS [40, 44]

Le modèle FACS exprime sur le visage, six émotions (colère, peur, dégoût, surprise, joie et tristesse) avec des intensités différentes (figure 2.8).

## 2.7. PHASE 4 : CONCEPTION DE L'AGENT VIRTUEL ÉMOTIONNEL ET DE SON ENVIRONNEMENT



**figure 2.8** Les six émotions de base définies dans le modèle FACS : colère ; peur ; dégoût ; surprise ; joie ; tristesse [40]

### 2.7.3 Conception de l'environnement de l'agent virtuel

L'objectif d'avoir un environnement cohérent avec la catégorie est de créer des rappels implicites selon le rendez-vous à rappeler. L'environnement constitue le milieu où l'agent virtuel évolue. Il intègre des objets et crée une atmosphère propice à des rappels de rendez-vous où l'environnement véhicule des indices implicites. Ainsi, pour rappeler une activité de quilles, l'agent virtuel peut tenir une boule dans les mains. Les environnements sont divisés en 6 catégories : résidence, famille, fête, loisirs, médical et autres.

La conception des environnements de l'agent virtuel se base sur l'analyse des verbatims des ateliers de prototypage. Une taxonomie est construite pour identifier les éléments spécifiques à chaque environnement.

### 2.7.4 Modèle du dialogue

Le dialogue de l'agent virtuel est basé sur un langage de balises qui s'appelle AIML [121] (Artificial Intelligence Markup Language). Il nous est possible avec ce langage de décrire différents patrons et de proposer des réponses variées.

## 2.8 Phase 5 : Validation auprès des personnes âgées du calendrier avec l'agent virtuel émotionnel

Cette dernière phase consiste à valider la phase 4 qui est l'implémentation du prototype 2 du calendrier, intégrant un agent virtuel animé et émotionnel. Elle se déroule en deux étapes : (1) expérimentations du module émotionnel et (2) validation de l'environnement de l'agent virtuel. Ces expérimentations sont validées par le comité d'éthique de l'Université de Sherbrooke (numéro de dossier **2017-1501**)

### 2.8.1 Expérimentation du modèle émotionnel

Les expérimentations du modèle émotionnel ont pour but de vérifier l'hypothèse concernant les caractéristiques émotionnelles de l'agent virtuel.

Nous mesurons l'expressivité de l'agent virtuel. Cette mesure permet de calculer le niveau de l'adéquation d'une émotion exprimée par l'agent virtuel avec un événement. L'objectif est de savoir si l'expressivité de l'agent virtuel est perçue. L'évaluation est faite en montrant des expressions faciales de l'agent virtuel et en proposant une liste d'émotions à l'utilisateur et en lui demandant d'identifier l'émotion qu'il perçoit. Le déroulement de l'expérimentation est décrit dans la figure 2.9.

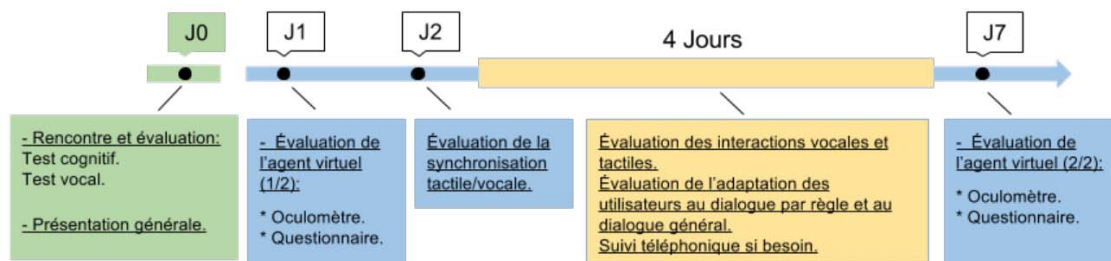


figure 2.9 Déroulement de l'expérimentation du modèle émotionnel

Durant ces expérimentations nous utilisons un oculomètre pour évaluer l'importance de la présence de l'agent virtuel dans l'interface.

Les expérimentations se déroulent comme suit :

## 2.8. PHASE 5 : VALIDATION AUPRÈS DES PERSONNES ÂGÉES DU CALENDRIER AVEC L'AGENT VIRTUEL ÉMOTIONNEL

### Rencontre (J0) :

Le premier entretien, d'une durée maximum de 1h30, est prévu pour les participants qui n'ont pas participé à l'expérimentation précédente concernant les interactions. Cet entretien a pour objectif de présenter le calendrier Amelis avec l'agent virtuel.

### Évaluation des émotions de l'agent virtuel (J1 et J7) :

Durant les deux rencontres, au J1 et à la fin au J7, d'une durée maximum de 1h30, nous cherchons à :

- Mesurer la correspondance des expressions faciales de l'agent virtuel durant l'interaction pour manipuler le calendrier (essentiellement durant la tâche d'un ajout d'un rendez-vous).
- Vérifier la visibilité, l'importance et la pertinence de l'agent virtuel durant l'interaction.

Ces rencontres sont filmées dans le but de repérer au travers du langage verbal et non-verbal les situations ou actions problématiques reçues par le participant lors de l'interaction avec l'agent virtuel.

Les données oculométriques issues des lunettes d'oculométrie (Eye Tracker) qui enregistre les mouvements oculaires. Ceci a pour but d'évaluer le regard de l'utilisateur sur l'interface graphique du calendrier, en termes d'intérêt et de temps de regard.

Les traces recueillies sont :

- Les données renvoyées par les lunettes d'oculométrie qui indiquent les zones regardées par l'utilisateur. Ces données identifient les zones les plus regardées de l'écran, et pendant combien de temps.
- Les deux questionnaires de reconnaissance des émotions Self- Assessment Manikin - SAM [122] (Annexe H) et Geneva Emotions Wheel [123] (Annexe H).
- Un questionnaire d'appréciation (J7 seulement) portant sur la plaisance de l'agent virtuel, l'intérêt, l'environnement de l'agent virtuel et le dialogue.



## 2.8. PHASE 5 : VALIDATION AUPRÈS DES PERSONNES ÂGÉES DU CALENDRIER AVEC L'AGENT VIRTUEL ÉMOTIONNEL

### Évaluation du dialogue (J2 à J7) :

Cette période est dédiée à l'évaluation du module du dialogue général pour les discussions hors du contexte du calendrier, ainsi que la synchronisation du tactile et du vocal dans les interactions, pendant l'ajout d'un rendez-vous au calendrier.

### 2.8.2 Expérimentation de l'environnement de l'agent virtuel

Ces expérimentations visent à valider les différents environnements de l'agent virtuels. Ces expérimentations se déroulent en laboratoire avec des étudiants et l'objectif est d'expliquer ce que reflète chaque environnement.

Les environnements sont liés aux différentes catégories des rendez-vous (médical, fête, loisirs, famille, coopérative, autres).

# Chapitre 3

## Implémentation

L’implémentation du calendrier Amelis repose sur un ensemble de technologies différentes qui communiquent ensemble. Les différentes fonctionnalités et l’architecture mise en place entraînent l’adoption de nouvelles technologies et techniques de développement. Ce chapitre consiste en une description technique des différentes technologies employées et de l’architecture logiciel des différentes composantes.

### 3.1 Architecture générale

L’architecture générale du calendrier Amelis est bâtie sur le principe de la modularité, principalement pour garantir plus aisément une maintenabilité, une interopérabilité et une évolutivité du calendrier.

Le calendrier Amelis est composé d’un ensemble de modules, organisés en architecture basée sur les micro-services. Nous utiliserons aussi le terme service pour désigner un micro-service. L’architecture à base de micro-services permet la mise en place d’une plate-forme composée d’un assemblage de technologies différentes qui communiquent ensemble. Une architecture à base de micro-services est choisie d’une part à cause de la diversité des technologies utilisées et d’autre part pour dépasser les limites liées aux performances matérielles lors du déploiement du calendrier sur une tablette. Certains composants du calendrier Amelis peuvent demander des ressources supplémentaires qui ne peuvent être garanties par la tablette. L’architecture en micro-services facilite le déploiement décentralisé.

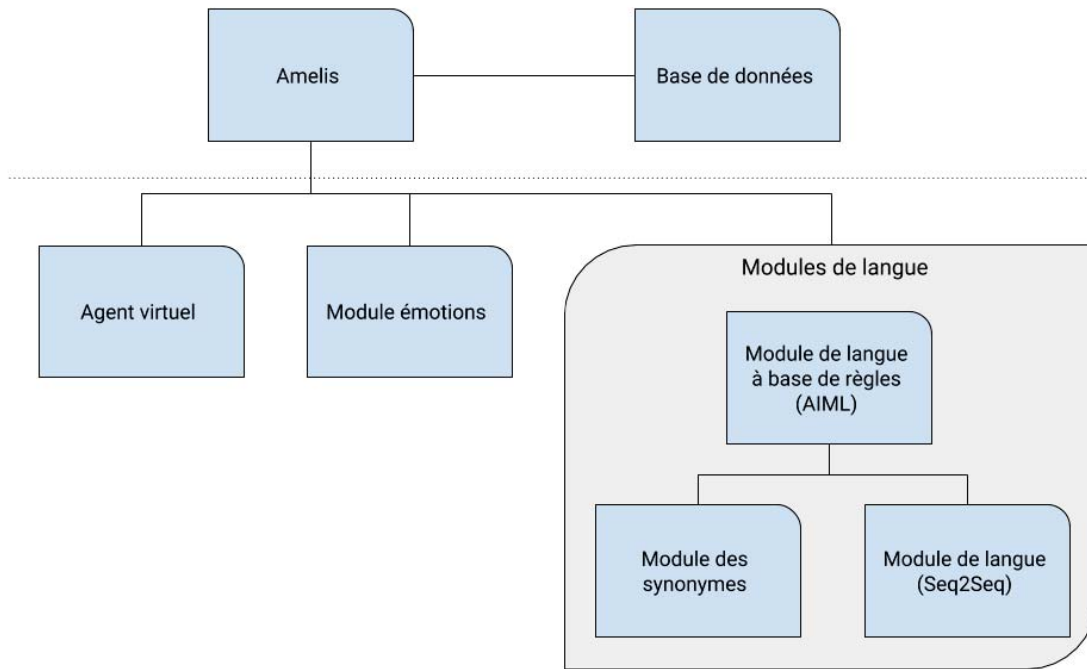
### 3.1. ARCHITECTURE GÉNÉRALE

L'architecture de Amelis se décompose en 7 micro-services organisés en un réseau privé virtuel. Chaque micro-service gère une partie de l'application. Le seul point d'entrée de l'utilisateur est le micro-service Amelis qui expose l'interface du calendrier. Ce micro-service capte les événements tactiles ou vocaux de l'utilisateur et les propage sur le réseau privé des micro-services. La figure 3.1 illustre l'ensemble des micro-services qui sont inter-connectés :

- **Amelis** : ce micro-service est le service central qui s'assure de servir le calendrier sous la forme d'une application Web. Ce service possède deux fonctionnalités principales (1) servir l'interface du calendrier Amelis et (2) implémenter la logique métier.
- **Base de données** : ce micro-service sert à fournir un accès à la base de données du calendrier où toutes les informations concernant les rendez-vous, les contacts et la météo sont enregistrées. Ce service n'est accessible que par le micro-service Amelis et il appartient au réseau privé qui est protégé des accès externes.
- **Module agent virtuel** : ce micro-service sert à fournir l'environnement nécessaire pour l'exécution de l'agent virtuel.
- **Module émotions** : ce micro-service reçoit les événements liés aux actions de l'utilisateur et au calendrier et calcule les émotions qui en découlent. Il génère les expressions faciales à transmettre au service de l'agent virtuel.
- **Module de langue à base de règles** : ce micro-service interprète le texte de l'utilisateur pour reconnaître l'action à faire sur le calendrier et pour proposer une réponse adéquate à donner à l'utilisateur. Ce service fonctionne conjointement avec le module des synonymes et le module de langue (réseau de neurones). Ce service a une portée restreinte qui se limite aux fonctionnalités du calendrier.
- **Module des synonymes** : ce micro-service a pour but de trouver des synonymes aux mots que le module de langue par règles ne comprend pas. Ces synonymes servent à reconnaître l'action demandée par l'utilisateur.
- **Module de langue (réseau de neurones)** : ce micro-service a pour but de formuler une phrase générale à l'utilisateur dans le cas où le module de langue à base de règles ne réussit pas à extraire une action du message reçu

### 3.1. ARCHITECTURE GÉNÉRALE

de l'utilisateur vocalement de l'utilisateur.



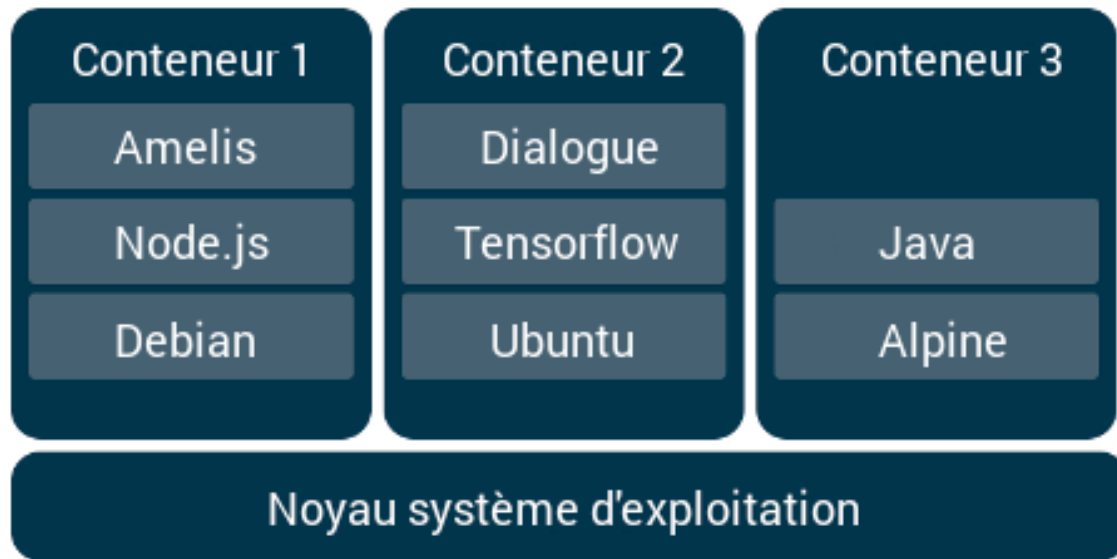
**figure 3.1** Vue d'ensemble des micro-services d'Amelis

Chacun des micro-services est considéré comme une boîte (conteneur) indépendante qui encapsule les éléments nécessaires pour fonctionner. Les éléments nécessaires au fonctionnement représentent l'environnement requis pour l'exécution du service. L'environnement de chaque micro-service est composé d'une image minimale du système d'exploitation, des bibliothèques nécessaires pour l'exécution du service ainsi que les dépendances permettant de démarrer le code du service, figure 3.2.

Chaque micro-service expose aussi une interface pour la communication avec les autres micro-services. Par exemple, le module des émotions contacte le micro-service du module de l'agent virtuel, à travers une interface permettant de le gérer et le piloter.

L'avantage d'une telle architecture réside dans le faible couplage des micro-services. Il est possible ainsi de déployer tous les micro-services sur une même plate-forme ou

### 3.2. ARCHITECTURE INTERNE DU SERVICE AMELIS



**figure 3.2** Représentation d'un sous ensemble de conteneurs d'Amelis

bien de les séparer et de les déployer sur des plate-formes différentes. Ce choix de déploiement dépend des performances de la plate-forme. Cette architecture bénéficie de l'avantage de la mobilité, c'est-à-dire qu'il est possible de déplacer un conteneur d'une plate-forme à une autre sans risque d'interruption du service. Le déplacement des conteneurs dans le cadre d'Amelis n'est pas traité dans ce travail.

Les micro-services traitant de la langue ne font pas partie de l'objet de cette thèse, mais du mémoire de maîtrise de Léopold Lieb. Ils seront présentés succinctement.

## 3.2 Architecture interne du service Amelis

Le service Amelis est le noyau central du système. Ce service se décompose en deux grandes parties :

- **Frontend** : cette partie représente le point d'entrée pour l'utilisateur. Le frontend est l'interface graphique à laquelle l'utilisateur se connecte et qu'il peut manipuler.
- **Backend** : cette partie est responsable des interactions avec les autres services d'Amelis.

## 3.2. ARCHITECTURE INTERNE DU SERVICE AMELIS

Ce service se base sur la pile logicielle **MEAN** (MongoDB, Express.js, Angular.js et Node.js) qui est un assemblage de quatre composants permettant le développement d'applications web [124] :

- **MongoDB** : est un système de gestion de bases de données orienté document libre (NoSQL). Ce composant de la pile logicielle MEAN est implémenté dans un service séparé qui est exécuté dans le conteneur “Base de données”.
- **Express.js** : est un cadre web qui s'exécute avec Node.js. Ce cadre sert à développer le backend et à servir le frontend.
- **Angular.js** : est un cadre web permettant le développement du frontend.
- **Node.js** : est un environnement d'exécution du code JavaScript au niveau serveur.

La pile logicielle **MEAN** présente l'avantage que tous les composants sont écrits avec le langage de programmation JavaScript. Ceci garde l'unicité d'un langage de programmation pour le développement du service Amelis.

Les composants **Express.js**, **Angular.js** et **Node.js** sont exécutés dans le même conteneur nommé “Amelis”.

### 3.2.1 Amelis Frontend

Le frontend de Amelis est basé sur le cadre web Angular.js en respectant le patron de conception **MVVM** (Modèle, Vue, VueModèle) [125]. Ce patron de conception (figure 3.3) a la particularité de découpler complètement le modèle de la vue. La logique métier est implémentée dans la VueModèle qui, grâce à la liaison de données à double sens (two way data bindings), change la VueModèle automatiquement dans le cas où la Vue change et notifie le Modèle s'il y a un changement dans la VueModèle.

Ce patron de conception facilite l'implémentation de plusieurs aspects importants qui sont liés à la communication entre les micro-services (section 3.4) telle que la synchronisation entre le module du dialogue par règles et le frontend.

### 3.2. ARCHITECTURE INTERNE DU SERVICE AMELIS

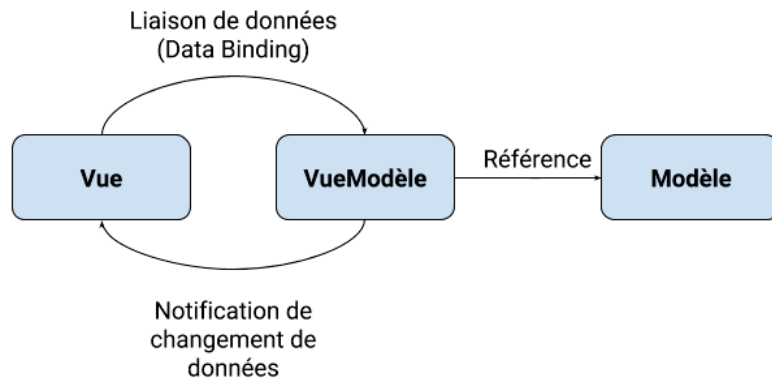


figure 3.3 Modèle MVVM du frontend Amelis

Le frontend Amelis se base sur les technologies suivantes :

- **HTML** : développement des pages du calendrier ainsi que les vues des différents composants.
- **JavaScript (avec Angular.js)** : implémentation des actions utilisateurs et liaison avec le backend.
- **SCSS** : présentation des données HTML.

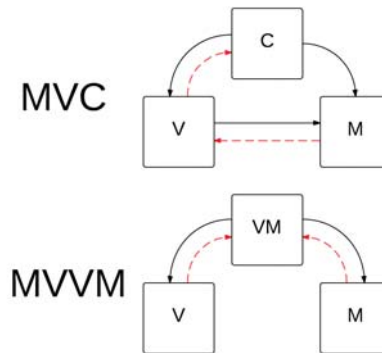


figure 3.4 Différences entre MVC et MVVM

#### 3.2.2 Amelis Backend

Le backend de Amelis se base sur le patron de conception **MVC** (figure 3.4) avec l'abandon de la composante **Vue** de ce patron. En effet le backend sert d'intermédiaire

### 3.3. ARCHITECTURE INTERNE DU MODULE ÉMOTIONNEL

entre le frontend et la base de données. La composante **Vue** est donc gérée par le frontend séparément. Le backend possède deux rôles principaux : (1) fournir une API REST (Representational State Transfer) permettant la gestion du calendrier à partir du frontend (ou de n’importe quelle éventuelle application tierce) à travers des opérations web telles que GET et POST et (2) être le noyau des interactions entre les modules et le calendrier.

En plus de l’interface REST, le backend expose une interface WebSocket qui permet d’effectuer des opérations en temps réel. Ces opérations sont par exemple les messages des événements liés aux modules de langue ou les messages liés aux actions graphiques sur le frontend lors du déclenchement d’un rappel.

La communication entre les modules passe par le backend et se base sur la transmission de messages appelés événements. Chaque message possède un type spécifique. Il existe 7 types de messages qui seront détaillés à la section 3.4. Le type du message permet de renseigner le(s) module(s) destinataire(s) à qui le message doit être retransmis.

Le backend se base sur les technologies suivantes :

- **Express.js** : développement de l’API REST du calendrier ainsi que pour servir le frontend.
- **Node.js** : exécution du backend.

## 3.3 Architecture interne du module émotionnel

Le module émotionnel qui est déployé dans le conteneur “Module émotions” gère les émotions de l’agent virtuel en se basant sur les événements reçus.

### 3.3.1 Conception

Le module émotionnel se base sur un arbre de comportements [126, 127]. Un arbre de comportements est un modèle d’intelligence artificielle utilisé dans les jeux vidéo pour modéliser le comportement d’un personnage non-joueur, personnage autonome et non contrôlé par l’utilisateur. Le comportement est défini comme étant toutes les actions que le personnage non-joueur peut effectuer, par exemple ses mouvements



### 3.3. ARCHITECTURE INTERNE DU MODULE ÉMOTIONNEL

dans l'environnement, sa gestuelle et ses expressions faciales.

Le comportement est implémenté dans un arbre de comportement qui se base sur 3 types de nœud :

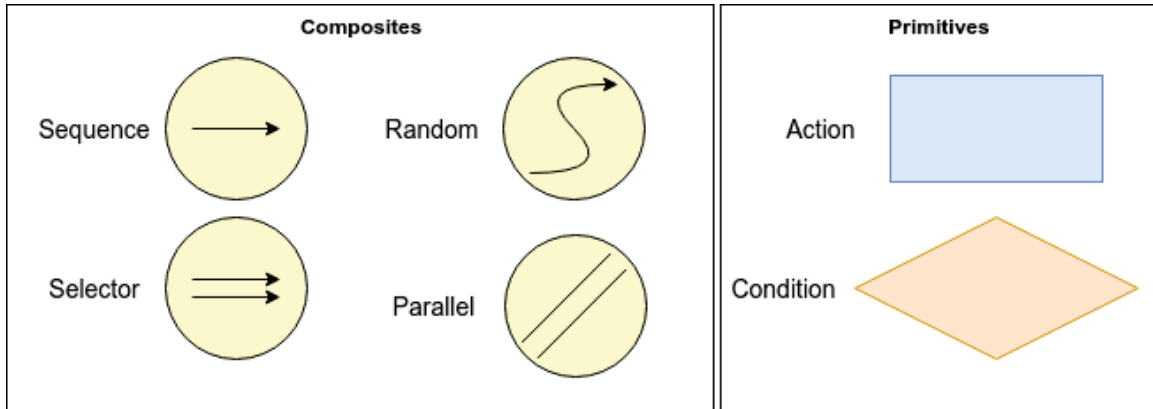
- **Primitive** : Une primitive est soit une condition soit une action à réaliser. Une primitive renvoie au parent une des 3 valeurs suivantes : (1) **Succès** qui indique que la condition est validée ou bien que la tâche s'est réalisée, (2) **Échec** lorsque la condition n'a pas été validée ou bien que l'action a échoué, (3) **En exécution** lorsque le traitement n'est pas fini.
- **Décorateur** : Un décorateur est un nœud spécial qui agit sur un nœud fils pour changer sa valeur de retour (par exemple pour inverser la valeur de retour) ou pour changer sa fréquence d'exécution (par exemple en indiquant le nombre de fois qu'un nœud fils doit être exécuté).
- **Composite** : Un composite est un nœud qui décrit comment les nœuds fils s'exécutent. Dans l'implémentation de l'arbre comportemental de l'agent virtuel nous utilisons 4 types de composite différents (figure 3.5). Les nœuds composites propagent le retour de leurs fils à leurs parents jusqu'à atteindre la racine.

La figure 3.5 montre les types des nœuds utilisés pour construire l'arbre de comportement de l'agent virtuel. Les nœuds représentés par un cercle sont des nœuds de type composite ; les nœuds représentés par un rectangle sont des actions et les nœuds représentés par un losange sont des conditions. Les nœuds de type décorateur n'ont pas été utilisés dans l'implémentation pour l'agent virtuel d'Amelis et ne figurent pas dans la figure.

Les nœuds composites sont divisés en 4 types : le nœud "Sequence" indique qu'il faut exécuter les fils séquentiellement de la gauche vers la droite et que l'exécution s'arrête quand tous les nœuds fils renvoient la valeur **Succès** ou bien au premier nœud qui renvoie **Échec**. Le nœud "Selector" indique que les fils sont exécutés séquentiellement de la gauche vers la droite et que l'exécution des fils s'arrête quand tous les nœuds fils renvoient la valeur **Échec** ou bien au premier nœud qui renvoie la valeur **Succès**. Le nœud "Random" choisit aléatoirement un de ses fils. Il l'exécute et renvoie sa valeur de retour. Le nœud "Parallel" exécute tous les fils en même temps.

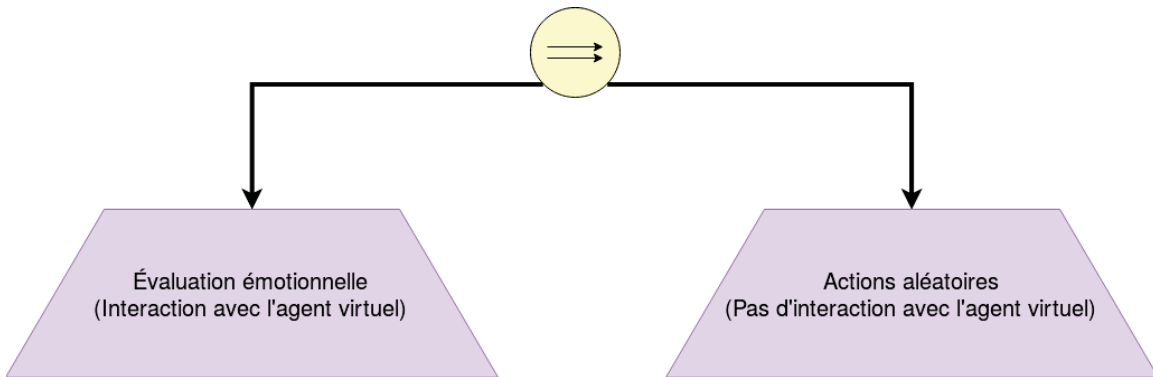
### 3.3. ARCHITECTURE INTERNE DU MODULE ÉMOTIONNEL

Le nœud “Parallel” renvoie **Succès** quand tous ses fils renvoient **Succès**; il renvoie **Échec** quand un de ses fils renvoie **Échec** sinon il renvoie la valeur **En exécution**.



**figure 3.5** Types de nœuds utilisés dans l’implémentation de l’arbre comportemental de l’agent virtuel

L’arbre de comportement (figure 3.6) est décomposé en deux branches qui sont exécutées selon la règle du “Selector”, c’est-à-dire qu’il n’y a qu’une seule branche qui peut renvoyer la valeur **Succès**. Il est évalué toutes les 200 millisecondes pour garantir une exécution proche du temps réel.



**figure 3.6** Arbre comportemental de l’agent virtuel

Les évènements reçus du backend sont placés dans une pile et sont évalués par cet arbre pour en déduire les actions à effectuer en garantissant l’ordre.

### 3.3. ARCHITECTURE INTERNE DU MODULE ÉMOTIONNEL

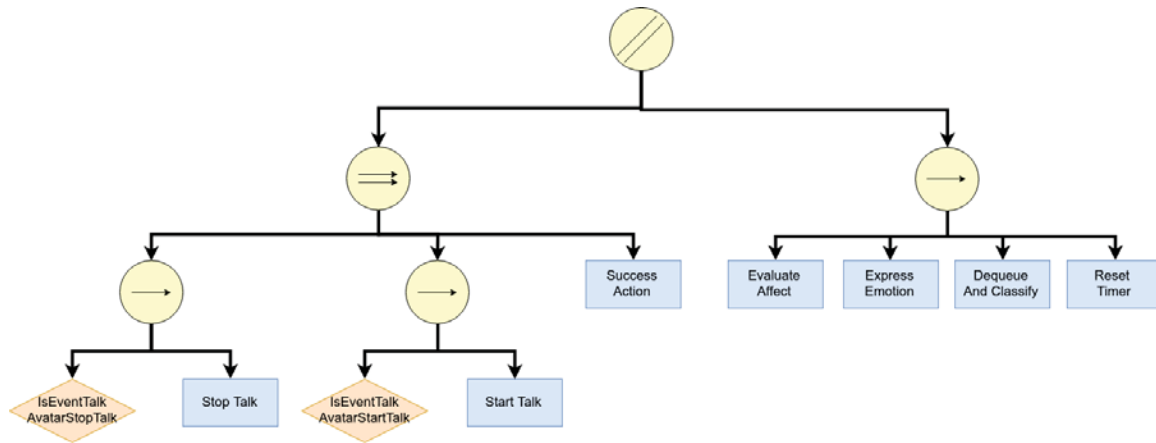


figure 3.7 Branche gauche de l'arbre comportemental

La première branche (figure 3.7) s'occupe de l'évaluation émotionnelle lors de l'interaction avec l'agent virtuel. Elle définit une exécution en parallèle des nœuds fils. Cette exécution contrôle les lèvres de l'agent virtuel quand il parle et évalue ses émotions pour les transformer en expressions faciales. L'action "Success Action" est une action spéciale permettant de renvoyer la valeur **Succès** au nœud "Selector" parent dans le but de faire réussir l'exécution exceptionnellement dans le cas où l'agent virtuel n'a pas reçu d'évènement pour faire bouger les lèvres.

La sous branche de droite (figure 3.7) exécute les 4 actions dans l'ordre (1) évaluer les émotions (section 3.3.2), (2) générer les expressions faciales liées à ces émotions, (3) dépiler la pile des évènements et (4) réinitialiser le compteur d'inactivité (action "Reset Timer"). Chaque action doit renvoyer la valeur **Succès** pour que l'action suivante s'exécute, dans le cas échéant l'exécution s'arrête.

Si la pile des évènements est vide, l'action "Dequeue And Classify" renvoie la valeur **Échec** qui arrête l'exécution de cette branche et donc empêche la ré-initialisation du compteur d'inactivité. Par contre les deux actions "Evaluate Affect" et "Express Emotion" s'exécuteront normalement étant donné qu'elles précèdent l'action "Dequeue And Classify".

### 3.3. ARCHITECTURE INTERNE DU MODULE ÉMOTIONNEL

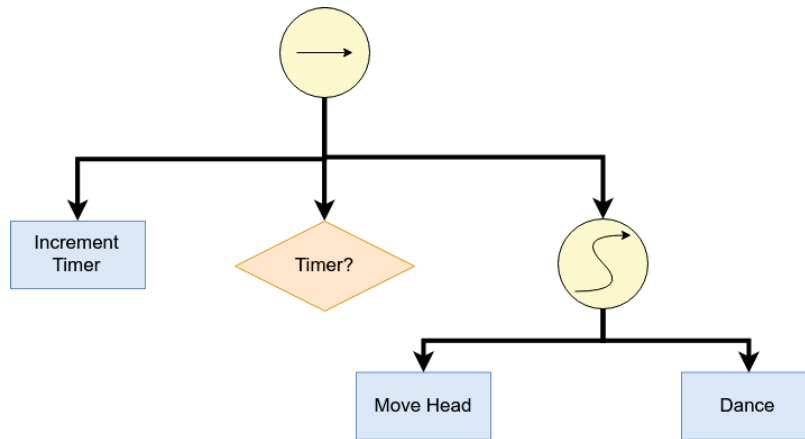


figure 3.8 Branche droite de l'arbre comportemental

La deuxième branche de l'arbre comportemental (figure 3.8) s'occupe des actions de l'agent virtuel quand il n'y a aucune interaction qui se produit. Elle s'exécute quand l'agent virtuel est inoccupé. L'exécution de cette branche ne se fait que si la première branche (figure 3.7) renvoie la valeur **Échec**. L'exécution est séquentielle. Elle commence par incrémenter la valeur du compteur d'inactivité. Ensuite si la valeur-limite est atteinte (condition "Timer?"), une action à exécuter est choisie aléatoirement, par exemple "Dance"). Ceci permet à l'agent virtuel de ne jamais rester totalement immobile.

#### 3.3.2 Évaluation des émotions

L'évaluation des émotions est faite par l'action "Evaluate Affect" dans l'arbre comportemental. Le moteur émotionnel GAMYGDALA [27] (section 2.7.2) est utilisé dans cette action. Pour cela, nous établissons deux tables. La première table (tableau 3.1) concerne les buts et leurs désirabilités et la deuxième (tableau 3.2) concerne les croyances et leurs impacts sur les buts.

tableau 3.1 Table des buts

Nom du but	Désirabilité
Ajouter rendez-vous (CMDAddRDV)	1
Activer l'avatar (SYSSAYHELLO)	1

### 3.3. ARCHITECTURE INTERNE DU MODULE ÉMOTIONNEL

tableau 3.2 Table des croyances

Nom évènement	But affecté	Congruence	Description
CMDSAVERDV   SYSSAVERDV	Ajouter rendez-vous	1	Le rendez-vous est enregistré
SYSSAVEDATE	Ajouter rendez-vous	0.8	La date et/ou l'heure est enregistrée
CMDSETNOMRDV   SYSUPDATETITLE	Ajouter rendez-vous	0.8	Le titre du rendez-vous est mis
SYSUPDATECATEGORY	Ajouter rendez-vous	0.8	La catégorie est mise
CMDSETLIEU	Ajouter rendez-vous	0.5	Le Lieu est mis
CMDSETCONTACT   SYSUPDATECONTACT	Ajouter rendez-vous	0.5	Le contact est mis
CMDSETHEURERAPPEL   SYSSETDATEREMIND   SYSSETHOURREMIND	Ajouter rendez-vous	0.5	La date et/ou l'heure du rappel est mise
CMDSETINFO	Ajouter rendez-vous	0.5	La note est mise
SYSSYNCHROADD	Ajouter rendez-vous	0.2	Appel de l'avatar quand l'ajout d'un rendez-vous est en cours
CMDAADDRDV	Ajouter rendez-vous	0.2	Commande pour entamer l'ajout d'un rendez-vous
CMDCANCELRDV   SYSCANCEL	Ajouter rendez-vous	-1	Annulation de la procédure de l'ajout
SYSSAYBYE	Ajouter rendez-vous	-1	Désactiver l'avatar
SYSCHANGEDATECONFLICT	Ajouter rendez-vous	-0.2	Conflit d'heure de rendez-vous
SYSASKHOURADDEVENT	Ajouter rendez-vous	-0.2	Demande l'heure du rendez-vous une autre fois
SYSREMINDAFTERDATEADD	Ajouter rendez-vous	-0.2	Mauvais rappel
SYSASKDATEADDEVENT	Ajouter rendez-vous	-0.2	Demande la date du rendez-vous une autre fois
SYSDATEBEFOREMOMENTADD	Ajouter rendez-vous	-0.5	La date n'est pas bonne (parce qu'elle est dans le passé ?)
SYSSAYHELLO	Activer l'avatar	1	Activation de l'agent virtuel
SYSSAYBYE	Activer l'avatar	-1	Désactivation de l'agent virtuel

Les valeurs des désirabilités et des congruences (tableaux 3.1 et 3.2) varient de -1 (pour un but non-désirable ou bien une croyance qui annule complètement un but) à 1 (pour un but désirable ou bien une croyance qui valide complètement un but).

Tel que stipulé dans la section 2.7, à tout moment, l'émotion de l'agent virtuel est le résultat des émotions liées à la personnalité, l'humeur et l'événement (formule 3.1). Cette émotion est exprimée selon le vecteur PAD à trois dimensions. À l'initialisation, le moteur GAMYGDALA reçoit la personnalité de base de l'agent virtuel. Puis dès qu'un événement apparaît, celui-ci est converti en PAD et transmis au moteur émotionnel GAMYGDALA. L'évaluation d'un événement reçu se fait en 4 étapes comme décrit par Popescu [27] :

- Étape 1 : évaluer la désirabilité d'un événement par rapport aux buts et selon la formule 3.2 ;
- Étape 2 : évaluer la probabilité de réalisation de chaque but après l'arrivée de l'événement (formule 3.3). Cette probabilité est gardée en mémoire pour calculer son évolution à chaque événement, ainsi  $\Delta Probabilité(but)$  est défini ;
- Étape 3 : évaluer l'intensité de chaque émotion du modèle OCC en se basant sur la formule 3.4 ;
- Étape 4 : évaluer la valeur du vecteur PAD selon la formule 3.5. La sommation est réalisée sur toutes les émotions du modèle OCC, en utilisant leur vecteur PAD pour calculer l'émotion résultante (voir tableau 2.3).

### 3.3. ARCHITECTURE INTERNE DU MODULE ÉMOTIONNEL

$$P\vec{A}D_{agentvirtuel} = P\vec{A}D_{personnalité} + P\vec{A}D_{événement} + P\vec{A}D_{humeur} \quad (3.1)$$

Avec :

- $P\vec{A}D_{agentvirtuel}$  correspond à l'état émotionnel de l'agent virtuel. Cet état est mis à jour régulièrement à intervalle régulier ;
- $P\vec{A}D_{personnalité}$  correspond à la constante de la personnalité OCEAN transformée en vecteur PAD en appliquant les formules 2.2 ;
- $P\vec{A}D_{événement}$  correspond au résultat de l'évaluation de l'événement reçu sans tenir compte de l'historique émotionnel ;
- $P\vec{A}D_{humeur}$  correspond à l'humeur de l'agent virtuel. Cette humeur change par rapport au temps pour atteindre l'humeur neutre (formule 2.1).

Le modèle PAD décrit chacune des composantes P, A et D comme étant des variables indépendantes. Pour cette raison, nous appliquons une somme des vecteurs de la formule 3.1 pour préserver la sémantique liée aux variables du modèle. La formule 3.1 est une première approximation qui pourra être validée par des recherches futures et des études empiriques.

$$Désirabilité(événement, but) = congruence(événement, but) \times désirabilité(but) \quad (3.2)$$

Avec :

- $congruence(événement, but)$  correspond à la valeur fixée dans la table 3.2 ;
- $désirabilité(but)$  correspond à la valeur de la désirabilité d'un but récupérée de la table 3.1.

$$Probabilité(but) = (congruence(événement, but) + 1)/2 \quad (3.3)$$

Avec :

- $congruence(événement, but)$  correspond à la valeur fixée dans la table 3.2 ;

Cette probabilité qui décrit la probabilité de réalisation du but est enregistrée en mémoire pour pouvoir calculer la valeur de  $\Delta Probabilité(but)$  qui décrit la variation de la réalisation du but.

### 3.3. ARCHITECTURE INTERNE DU MODULE ÉMOTIONNEL

$$Intensité(\text{événement}) = |Désirabilité(\text{événement}, but) \times \Delta Probabilité(but)| \quad (3.4)$$

Avec :

- $Désirabilité(\text{événement}, but)$  correspond à la valeur de la formule 3.2.
- $\Delta Probabilité(but)$  correspond à la variation de la probabilité de la réalisation du but.

Cette intensité calculée concerne l'émotion liée à l'événement reçu sans prendre en considération l'historique émotionnel de l'agent virtuel.

$$P\vec{A}D_{\text{événement}} = 0.1 \times \log_2 \left( \sum_{\text{émotion}} (2^{10 \times P\vec{A}D(\text{émotion}) \times Intensité(\text{événement})}) \right) \quad (3.5)$$

Avec :

- $P\vec{A}D(\text{émotion})$  correspond à la valeur PAD de l'émotion selon le tableau 2.3 ;
- $Intensité(\text{événement})$  correspond à la valeur calculée à partir de la formule 3.4.

Cette évaluation en 4 étapes sert à calculer l'émotion à la réception d'un événement sans prendre en considération ni l'humeur ni la personnalité. De ce fait, la valeur du vecteur PAD à l'état initial est égal à la conversion des valeurs de la personnalité OCEAN en PAD et ceci selon la formule 2.2. Ce vecteur  $PAD_{\text{personnalité}}$  est considéré comme étant l'état neutre.

Le vecteur  $PAD_{\text{humeur}}$  est défini tel que, initialement, il est égal à la valeur du vecteur  $PAD_{\text{personnalité}}$ . À chaque évaluation émotionnelle par le moteur GAMYG-DALA, le  $PAD_{\text{événement}}$  résultant (formule 3.5) est additionné à la valeur du vecteur  $PAD_{\text{humeur}}$ . Le facteur de dissipation est rajouté permettant de rétablir la valeur du vecteur  $PAD_{\text{humeur}}$  à la valeur du vecteur  $PAD_{\text{personnalité}}$ .

À chaque changement du vecteur  $PAD_{\text{humeur}}$ , nous récupérons l'émotion à exprimer la plus proche en se basant sur la table 2.3 et nous en déduisons l'intensité de l'expression faciale selon la formule 3.6.

### 3.4. COMMUNICATION ENTRE LES MICRO-SERVICES

$$IntensitéExpressionFaciale = 1 - distance(émotion_{calculée}, émotion_{proche}) \quad (3.6)$$

#### 3.3.3 Correspondance entre émotions et expressions faciales

L'agent virtuel exprime les émotions générées selon le modèle OCC à l'aide des expressions faciales. Ces expressions faciales proviennent de l'agent virtuel MARC, basées sur le modèle FACS, en utilisant une table de correspondance émotion-expression faciale. Le modèle OCC définit 22 émotions, mais il n'est pas possible de traduire toutes émotions en expressions faciales. Une table de correspondance (tableau 3.3) entre émotions et expressions faciales a été créée en se basant sur la définition de chaque émotion dans le modèle OCC et sur les 24 expressions faciales décrites dans [44].

## 3.4 Communication entre les micro-services

Les communications entre les micro-services du calendrier Amelis sont synchrones ou asynchrones. Les communications asynchrones sont utilisées lorsque les communications entre le frontend et le backend passent par l'API REST ou lors des communications entre l'agent virtuel et le module émotionnel. Les communications synchrones assurées par les websockets sont implémentées entre les modules de langues et le backend ainsi qu'entre le frontend et le backend, essentiellement pour le déclenchement des rappels.

La figure 3.9 illustre les liaisons entre les composantes du calendrier Amelis ainsi que le type de messages qui sont envoyés.

#### 3.4.1 API REST

L'API REST expose un ensemble de routes HTTP pour exécuter les opérations sur la base de données. Ces opérations sont réalisées avec des appels REST en spécifiant la méthode adéquate (exemple GET, POST, PUT ou DELETE) sur cette route spécifique. Par exemple pour récupérer la liste des rendez-vous du calendrier, une



### 3.4. COMMUNICATION ENTRE LES MICRO-SERVICES

**tableau 3.3** Correspondance entre émotions et expressions faciales

Émotion	Expression faciale	Intensité max.
Admiration	Surprise	30%
Réjouissance	Joie + Surprise	50%
Satisfaction	-	-
Reconnaissance	Joie	50%
Joie	Joie	100%
Espoir	Joie	50%
Amour	-	-
Fierté	Joie	60%
Soulagement	-	-
Satisfaction	-	-
Colère	Colère	100%
Déception	Consternation	100%
Angoisse	Peur + Colère	100%
Peur	Peur	100%
Peurs confirmées	Peur	100%
Haine	Haine	100%
Pitié	Tristesse	100%
Remords	Tristesse + Dégoût	100%
Reproche	-	-
Ressentiment	Consternation	60%
Honte	Tristesse + Peur	100%

### 3.4. COMMUNICATION ENTRE LES MICRO-SERVICES

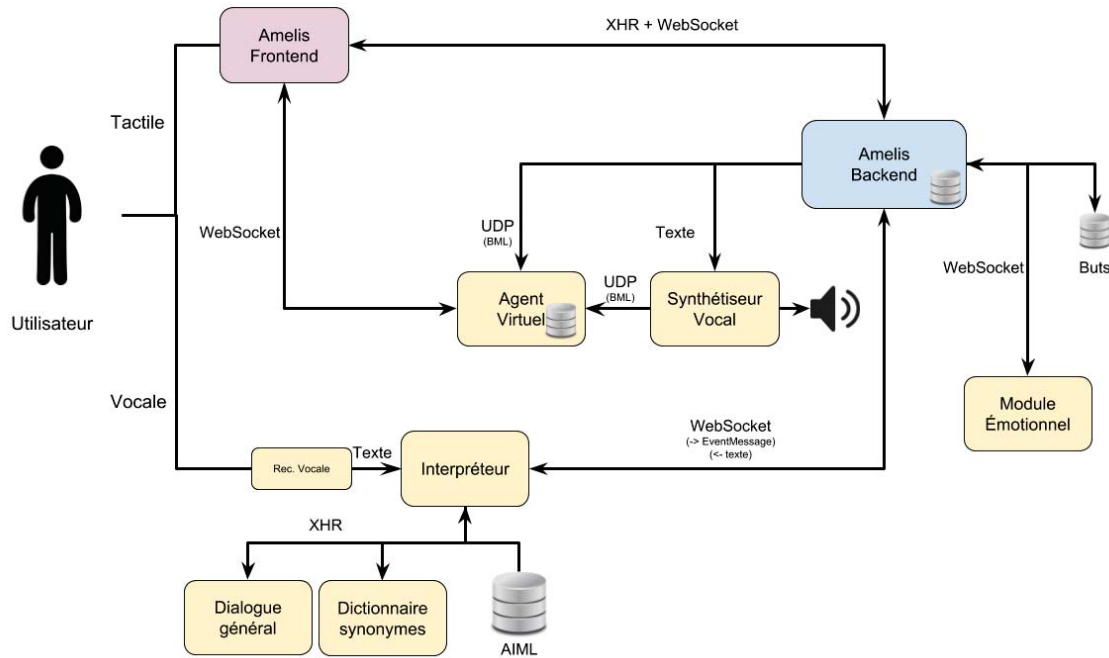


figure 3.9 Composantes du calendrier Amelis

requête **GET** sur la route spécifique renvoie un tableau d'objets JSON (JavaScript Object Notation) de tous les rendez-vous. La réponse reçue par le client est analysée et traitée par ce dernier. Dans notre cas, le client est le frontend Amelis.

#### 3.4.2 Intégration de l'agent virtuel dans le calendrier

L'intégration de l'agent virtuel dans le calendrier est une étape importante et délicate. L'agent virtuel est un modèle 3D généré en temps réel par MARC [10]. La version de base de MARC ne propose pas un moyen d'intégration dans une application web. Pour cela, une interface a été créée permettant ainsi de diffuser les images générées par MARC sur le réseau.

Pour récupérer en temps réel le flux vidéo (les images générées par MARC) le frontend se connecte sur l'interface websocket rajoutée à MARC et maintient la connexion ouverte. Le maintien de la connexion ouverte est un choix permettant d'éviter les

### 3.4. COMMUNICATION ENTRE LES MICRO-SERVICES

temps de déconnexion et de reconnexion à chaque fois qu’une image de l’agent virtuel est générée. Grâce à ce choix, le nombre d’images par seconde (FPS) est assez élevé (25 images par seconde) pour garantir une fluidité du flux vidéo de l’agent virtuel.

En plus de la récupération du flux vidéo de l’agent virtuel, une communication avec le protocole UDP entre le backend et l’agent virtuel est réalisée pour envoyer les messages BML (Behaviour Markup Language) pour contrôler l’agent virtuel. Ces messages sont utilisés pour contrôler l’environnement de l’agent virtuel ainsi que ses mouvements et ses expressions faciales. L’utilisation des messages BML et du protocole UDP est imposée par MARC.

#### 3.4.3 Synchronisation entre les modalités tactile et vocale

L’utilisateur interagit avec le calendrier selon la modalité tactile, la modalité vocale ou bien en alternant les deux types d’interactions pour une commande donnée. Pour éviter les conflits et actionner les bonnes actions, un mécanisme de synchronisation entre les modalités a été mis en place.

Ce mécanisme de synchronisation se base sur un échange de messages entre les différents services de Amelis. Par exemple, quand l’utilisateur demande à l’agent virtuel de rajouter un rendez-vous, un message nommé **CMDADDRDV** (pour commande ajouter rendez-vous) est généré par le module de langue, reçu par le backend puis transmis vers le frontend pour générer le clic sur le bouton “Ajouter” qui ajoute un rendez-vous.

#### 3.4.4 Types de messages

Il existe 122 messages (annexe D) implémentés échangés entre l’ensemble des services du calendrier Amelis. Ces messages sont regroupés en 7 classes :

- **AIMLRequest (backend -> module langue)** : regroupe les messages qui sont envoyés au module de langue. Ces messages demandent au module de langue une formulation de phrase à répondre à l’utilisateur ou bien demandent l’interprétation de ce que l’utilisateur a dit.
- **EventMessage (module langue -> backend)** : regroupe les messages qui sont envoyés du module de langue au backend. Ils contiennent à la fois des

### 3.5. MISE AU POINT DE L'OCULOMÈTRE

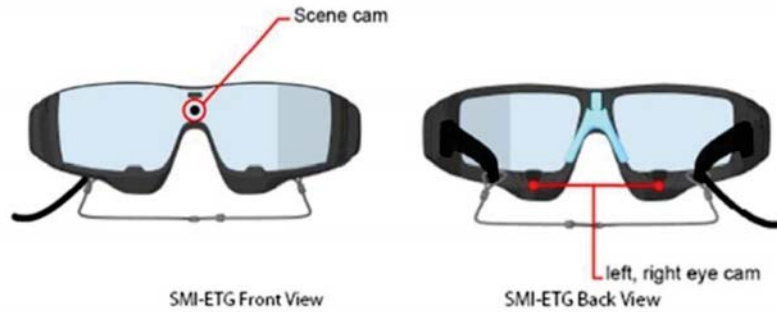
messages pour effectuer des vérifications spécifiques, en cas de besoin (exemple vérifier qu'il n'y a pas de conflits de rendez-vous) et le texte à dire à l'utilisateur à travers la synthèse vocale. Ce texte est passé à la synthèse vocale seulement si toutes les vérifications sont validées. Dans le cas échéant, le texte est abandonné et un message de type `AIMLRequest` est envoyé au module de langue pour demander un nouveau texte.

- **UIAction.\* (backend -> frontend)** : regroupe les messages qui sont envoyés du backend au frontend et qui effectuent une action sur l'interface du calendrier. Par exemple, remplir le champ titre du rendez-vous. L'étoile désigne n'importe quelle chaîne de caractère préfixée par "UIAction".
- **UserRequest (frontend -> backend)** : regroupe les messages envoyés du frontend vers le backend qui contiennent la transcription de la voix de l'utilisateur par le système de reconnaissance vocale.
- **AvatarResponse (backend -> frontend)** : regroupe les messages qui contiennent du texte à transmettre au synthétiseur vocal. Le synthétiseur vocal est intégré dans le frontend.
- **Behavior (backend -> module émotionnel)** : regroupe les messages qui sont interprétés par le module émotionnel.
- **AvatarStopTalking (frontend -> backend)** : est un message qui indique que le synthétiseur vocal n'a plus de mots à dire et qu'il faut arrêter l'animation au niveau des lèvres de l'agent virtuel.

## 3.5 Mise au point de l'oculomètre

L'oculomètre utilisé pour faire les expérimentations consiste en une paire de lunettes (figure 3.10) équipées de deux caméras oculaires qui suivent les pupilles et d'une caméra frontale qui filme ce que la personne observe.

### 3.6. TESTS ET VALIDATIONS



**figure 3.10** Cameras de l'oculomètre [128]

Une procédure d'étalonnage est nécessaire à chaque utilisation de l'appareil. Pour cela, l'utilisateur regarde successivement 3 points fixes sur l'écran. Ces points sont indiqués par l'expérimentateur qui les enregistre dans l'application de l'oculomètre.

Un outil d'analyse des enregistrements est implémenté. Cet outil parcourt les données enregistrées et en déduit les fixations, qui sont les endroits regardés par l'utilisateur, leurs durées, leurs coordonnées et les régions associées aux coordonnées.

## 3.6 Tests et validations

Le fonctionnement du calendrier a été validé de façon automatique par des tests E2E (End-to-End). Ces tests simulent le comportement de l'utilisateur. De ce fait, ils testent le fonctionnement général des composants du calendrier Amelis. Les tests E2E valident ainsi l'ensemble des dépendances (services) du calendrier.

L'ensemble des tests E2E, utilisés pour tester les interfaces, consiste en 638 tests divisés en 2 parties :

- Tests des interactions tactiles du calendrier ;
- Tests des interactions vocales.

Les tests des interactions tactiles représentent le quart des tests et les interactions vocales le trois quart.

## 3.7 Conclusion de l'implémentation

Deux versions du calendrier Amelis sont développées. La première version consiste en un calendrier Amelis intégrant un agent virtuel inanimé, sans que le module émotionnel ne soit implémenté. La deuxième version inclut un agent virtuel animé émotionnel et un ensemble de correctifs appliqués suite aux tests E2E effectués.

L'architecture à base de micro-services offre un niveau de modularité à faible couplage qui permet facilement de remplacer un composant par un autre sans provoquer un dysfonctionnement. Ainsi, la première version a été déployée au domicile de 4 participants sur une période de 3 mois. Et la deuxième version a été déployée au domicile de 4 autres participants sur une période d'une semaine.

# Chapitre 4

## Résultats

Le travail effectué repose sur une méthodologie itérative participative composée de cinq itérations, (1) identification des besoins à travers la réalisation de trois ateliers de prototypages, (2) implémentation du premier prototype intégrant un agent virtuel inanimé, (3) expérimentation du premier prototype, (4) implémentation du deuxième prototype intégrant un agent virtuel animé et (5) expérimentation du deuxième prototype. Dans ce chapitre, nous présentons les résultats obtenus durant les différentes itérations de la méthodologie.

### 4.1 Ateliers de prototypage

Les ateliers de prototypage sont réalisés au Québec et en France (à l'exception de l'atelier de prototypage de l'agent virtuel qui est réalisé seulement au Québec).

Les groupes des ateliers ne sont pas fixes, un participant pouvant participer au groupe 1 de l'atelier 1 puis au groupe 3 de l'atelier 2. Certains nouveaux participants se sont joints aux ateliers de prototypages 2 et 3 alors que d'autres n'ont pas participé aux 2 derniers groupes pour des raisons de disponibilités.

#### 4.1.1 Atelier 1 : Conception de l'interface graphique

Le premier atelier de prototypage a servi à identifier les composants graphiques nécessaires pour concevoir un calendrier interactif adapté aux personnes âgées. Durant

#### 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE

cet atelier un ensemble de composants graphiques est proposé ainsi que la possibilité d'en créer des nouveaux.

##### Description générale des participants

Durant cet atelier, 28 participants (Québec et France) ont pris part à l'activité de conception d'interface. Les participants sont divisés en groupes, 3 au Québec et 4 en France (tableaux 4.1 et 4.2).

**tableau 4.1** Nombre de participants par groupe au Québec à l'atelier 1

Groupes	Nbr Participants
A1G1QC	5
A1G2QC	5
A1G3QC	4
Total	14 Participants

Tous les participants sont des personnes âgées volontaires et autonomes qui vivent dans une résidence pour personnes autonomes, au Québec dans une coopérative d'habitation et en France dans un foyer multi-générationnel.

**tableau 4.2** Nombre de participants par groupe en France à l'atelier 1

Groupes	Nbr Participants
A1G1FR	2
A1G2FR	4
A1G3FR	4
A1G4FR	4
Total	14 Participants

##### Résultats de la conception des interfaces

Chaque groupe de l'atelier de prototypage a conçu une maquette du calendrier interactif le mieux adapté. Les maquettes conçues sont reconstituées par la suite sur ordinateur en gardant les composants graphiques sélectionnés par groupe.



## 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE

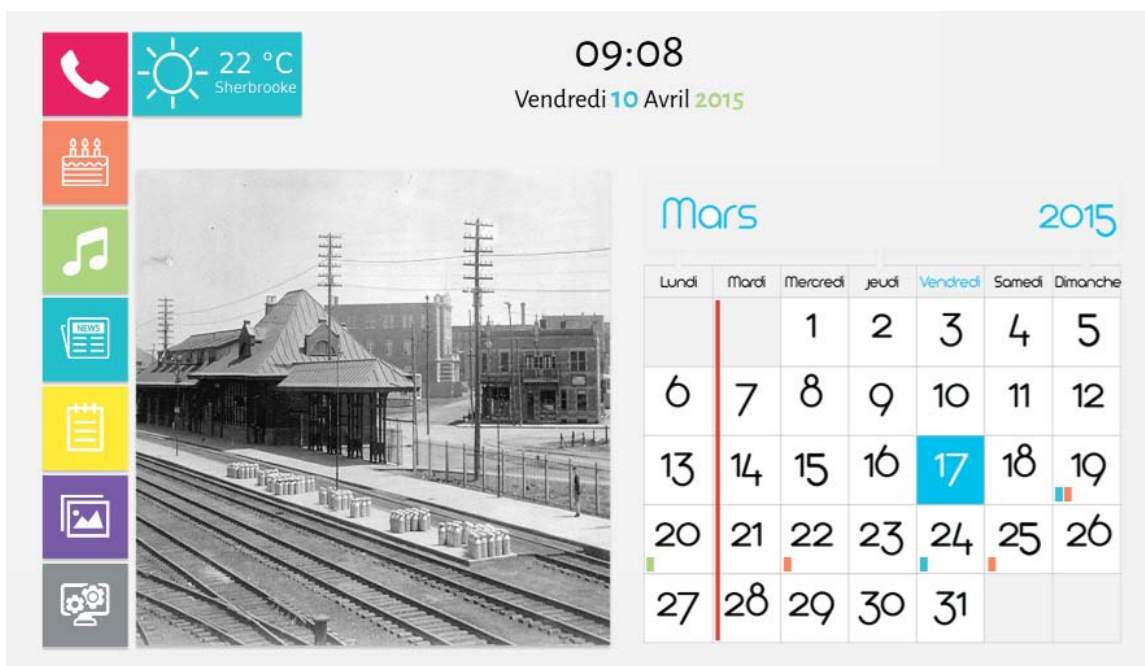


figure 4.1 Maquette du du A1G1QC première vue

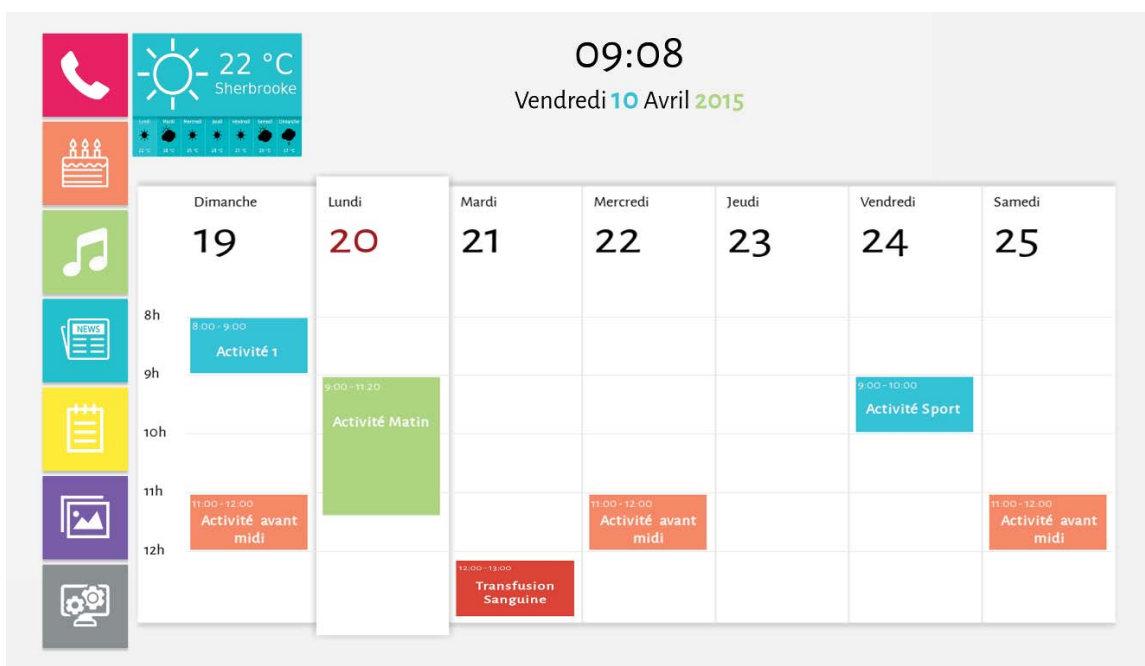


figure 4.2 Maquette du A1G1QC deuxième vue

#### 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE

**Résultats A1G1QC :** Les éléments graphiques sélectionnés par le groupe A1G1QC sont diversifiés. Ce groupe propose deux vues différentes, une première vue (figure 4.1) avec un calendrier bien clair qui occupe la moitié de l'écran et la deuxième moitié occupée par une photo de l'album photos personnel. Il est important que les chiffres dans le calendrier soient grands et contrastés.

Les fonctionnalités choisies par ce groupe sont (menu à gauche) :

- Un annuaire téléphonique (ou de contacts) accessible à partir du bouton rouge en haut à gauche.
- Une fonctionnalité permettant de retrouver la liste des anniversaires des proches rapidement. Cette fonctionnalité est accessible à partir du deuxième bouton (orange) de la liste des boutons à gauche.
- Une fonctionnalité musique accessible à partir du troisième bouton (vert).
- Une fonctionnalité pour accéder aux nouvelles de la région, accessible à partir du quatrième bouton (bleu).
- Une fonctionnalité de prise de notes, accessible à partir du cinquième bouton (jaune).
- Une fonctionnalité galerie photos de consultation des photos des proches, accessible à partir du sixième bouton (mauve).
- Un bouton de configuration du calendrier. Les aspects paramétrables n'ont pas été évoqués.

En plus de ces fonctionnalités, la fonctionnalité météo du jour a été choisie par le groupe avec une amélioration proposée permettant de consulter la météo de la semaine entière sur demande (figure 4.2).

L'aspect confidentialité est un important pour ce groupe. Pour cette raison, les participants ont proposé l'utilisation de pastilles de couleurs dans les cases du calendrier pour renseigner sur la présence d'activités sans exposer plus d'informations. Ce groupe a évoqué les activités récurrentes, telles que les visites médicales (exemple dans le cas d'une dialyse).

La deuxième vue (figure 4.2) proposée par ce même groupe est une extension de la première vue qui permet de consulter les détails des rendez-vous programmés pour la semaine. Cette vue propose donc un calendrier hebdomadaire et non-mensuel comme sur la première vue.

## 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE

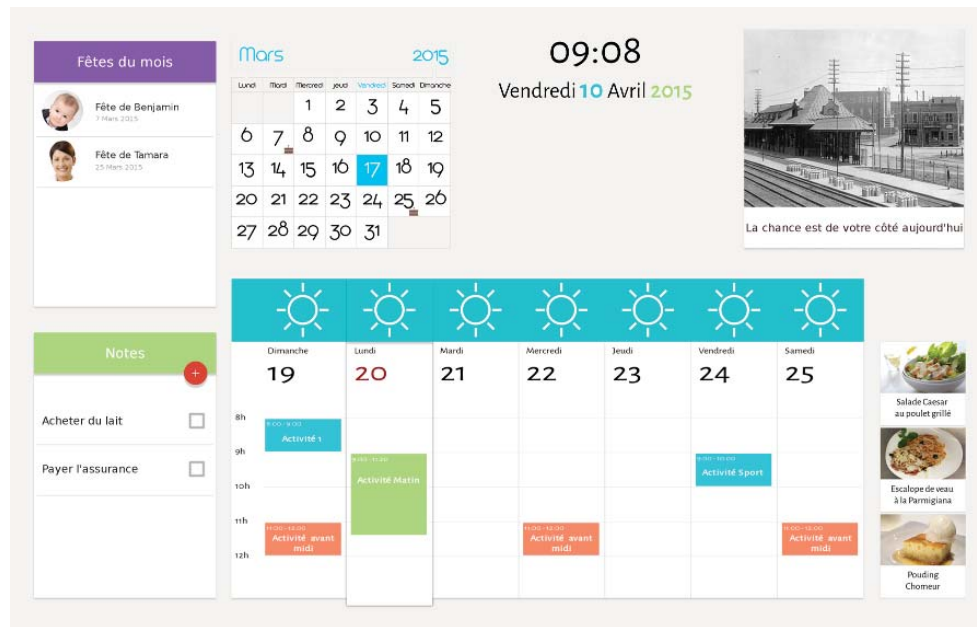


figure 4.3 Maquette du A1G2QC

**Résultats A1G2QC :** Le groupe A1G2QC propose une autre liste de fonctionnalités et une disposition différente des composants graphiques. La maquette conçue par ce groupe (figure 4.3) combine les deux vues hebdomadaire et mensuelle pour le calendrier. Ce groupe a proposé de fusionner le composant météo avec la vue hebdomadaire du calendrier.

Les fonctionnalités sélectionnées par le groupe A1G2QC sont :

- Un composant listant les fêtes d'anniversaire du mois courant.
- Un composant de prise de notes.
- Un composant permettant de consulter le menu du jour du restaurant de la coopérative.
- Un petit mot de motivation en dessous de la photo.

#### 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE



figure 4.4 Maquette du A1G3QC

**Résultats A1G3QC :** Le groupe A1G3QC propose une maquette (figure 4.4) légèrement différente par rapport au groupe A1G2QC. Nous retrouvons les deux vues hebdomadaire et mensuelle du calendrier sur la même page. La météo du jour aussi est présente, avec le composant de notes ainsi que le menu du jour du restaurant de la coopérative.

Ce troisième groupe propose de regrouper les rendez-vous par catégories (médicale, coopérative, etc.) et d'attribuer des couleurs différentes à chaque catégorie de rendez-vous (exemple la couleur rouge pour les rendez-vous médicaux). La légende des catégories des rendez-vous est mise en dessous de la vue hebdomadaire du calendrier et elle est représentée par les 4 premier boutons de couleur.

Les deux fonctionnalités “annuaire téléphonique” et “galerie photos” sont aussi retenues par ce groupe et sont accessibles à partir des deux derniers boutons en dessous de la vue hebdomadaire du calendrier.

#### 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE

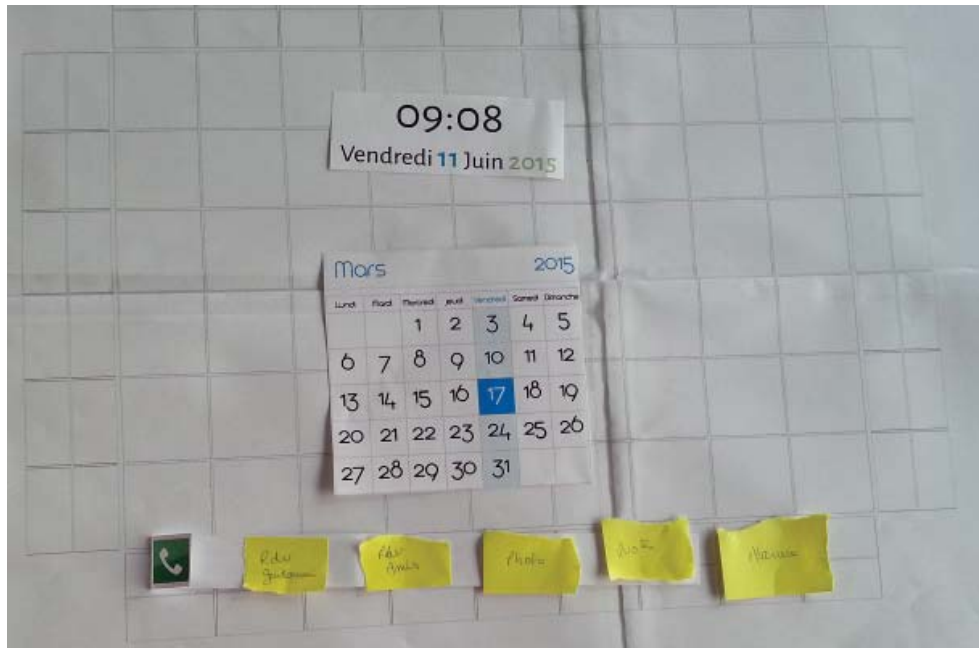


figure 4.5 Maquette du A1G1FR

**Résultats A1G1FR :** Le groupe A1G1FR propose une maquette (figure 4.5) plus simple avec très peu de fonctionnalités apparentes. La fonctionnalité principale reste le calendrier avec une vue hebdomadaire. Les fonctionnalités supplémentaires restent accessibles via les boutons en dessous du calendrier.

La liste des fonctionnalités choisies par ce groupe est :

- Une fonctionnalité annuaire téléphonique ou contacts.
- Une fonctionnalité permettant d'accéder rapidement aux rendez-vous.
- Une fonctionnalité permettant d'accéder à la galerie de photos des proches.
- Une fonctionnalité permettant de rajouter des notes.
- Une fonctionnalité alarme.

La liste des fonctionnalités reste toutefois optionnelle, un calendrier doit garder sa fonctionnalité de base.

#### 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE



figure 4.6 Maquette du A1G2FR écran public

**Résultats A1G2FR :** Le groupe A1G2FR propose deux vues différentes (figures 4.6 et 4.7). La première vue (figure 4.6) constitue le calendrier avec une vue “confidentielle” des rendez-vous personnels ainsi la vie privée est réservée. Cette vue reste toutefois simple avec un minimum de composants graphiques.

La deuxième vue (figure 4.7) représente la vue permettant à l'utilisateur de manipuler le calendrier et d'inscrire ses rendez-vous.

Les fonctionnalités choisies par ce groupe sont :

- Une vue hebdomadaire pour manipuler le calendrier.
- La météo mais avec la possibilité de l'activer et de la désactiver.
- Un composant de prise de notes.

**Résultats A1G3FR :** Le groupe A1G3FR suggère une interface (figure 4.8) combinant une vue mensuelle du calendrier ainsi qu'une vue hebdomadaire pour consulter

#### 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE

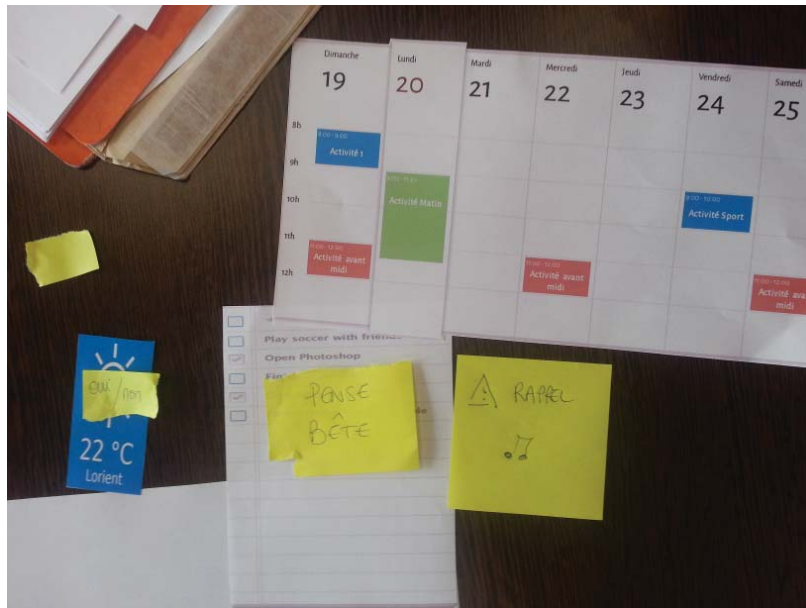


figure 4.7 Maquette du A1G2FR écran privé

les détails des rendez-vous. Le composant graphique de la météo reste facultatif, cependant une petite image de l'album photos est appréciée. Ce groupe souhaite un accès rapide à quelques contacts et de pouvoir les appeler directement.



figure 4.8 Maquette du A1G3FR



#### 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE

**Résultats A1G4FR :** Le groupe A1G4FR propose une maquette (figure 4.9) avec une grande vue du calendrier mensuel qui occupe la majorité de l'espace. Le composant contact est important pour un accès rapide à certains contacts.



figure 4.9 Maquette du A1G4FR

#### Synthèse des maquettes graphiques

En se basant sur les maquettes construites par les groupes des participants au Québec et en France, les éléments graphiques qui reviennent le plus souvent ont été retenus pour construire la maquette de synthèse (figures 4.10 et 4.11). Deux maquettes de synthèse ont été développées pour représenter les différences entre les besoins des participants Québécois et des participants Français.

Ces maquettes sont utilisées comme support d'animation durant le deuxième atelier de prototypage portant sur les interactions.



#### 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE



figure 4.10 Maquette de synthèse des 3 groupes au Québec



figure 4.11 Maquette de synthèse des 4 groupes en France

## 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE

### 4.1.2 Atelier 2 : Conception des interactions

Le but de cet atelier est de définir les moyens d'interaction souhaités pour interagir avec les fonctionnalités du calendrier.

#### Description générale des participants

Durant cet atelier, 34 participants (Québec et France) ont pris part à l'activité de conception des interactions. Les participants sont divisés en 7 groupes, 4 au Québec (tableau 4.3) et 3 en France (tableau 4.4).

**tableau 4.3** Nombre de participants par groupe au Québec à l'atelier 2

Groupes	Nbr Participants
A2G1QC	6
A2G2QC	6
A2G3QC	4
A2G4QC	2
Total	18 Participants

**tableau 4.4** Nombre de participants par groupe en France à l'atelier 2

Groupes	Nbr Participants
A2G1FR	5
A2G2FR	5
A2G3FR	6
Total	16 Participants

#### Résultats de la conception des interactions

Durant cet atelier de prototypage nous avons proposé trois moyens d'interactions (section 2.4.2) qui sont l'interaction tactile, l'interaction vocale et l'interaction avec un agent virtuel. Nous avons aussi offert la possibilité d'imaginer d'autres moyens d'interactions.

#### 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE

L’interaction est une partie importante dans la conception du calendrier Amelis. L’analyse des verbatims montre que l’agent virtuel a été perçu comme étant une solution envisageable pour gérer le calendrier surtout du fait qu’il sera possible de déléguer certaines tâches, qui peuvent être complexes, à l’agent virtuel.

L’interaction vocale avec un agent virtuel facilite la manipulation de Amelis surtout dans le cas de déficits moteurs engendrés par des maladies comme l’arthrose. En France comme au Québec, la diversité des modalités d’interaction est une découverte pour la majorité des répondants, notamment la possibilité d’interagir avec un agent virtuel.

#### Résultats questionnaires

Le questionnaire à la fin de l’atelier de prototypage 2 a permis à chaque participant de s’exprimer et de donner son avis en dehors du cadre et de l’influence du groupe. Ce questionnaire traite des questions relatives aux différentes modalités d’interaction discutées durant l’atelier. Quatorze participants au Québec ont répondu au questionnaire d’une façon individuelle. Le questionnaire est divisé en deux parties :

- Questions générales sur les modalités d’interaction (tableau 4.5) ;
- Questions spécifiques sur chacune des trois modalités d’interaction proposées (tableaux 4.6, 4.7 et 4.8).

Dans le questionnaire, nous utilisons le terme “avatar” pour désigner un agent virtuel. Ce terme est plus significatif chez les personnes âgées parce qu’il fait aussi référence au film “Avatar” ce qui leur permet de mieux visualiser un agent virtuel.

L’agent virtuel est très sollicité pour planifier les rendez-vous, pour poser des questions et avoir des réponses oratoires grâce à la fonction vocale qui sera utilisée. Beaucoup de personnes trouvent que l’agent virtuel est esthétique et attirant. Il permettrait d’utiliser le calendrier plus facilement sans nécessiter d’écrire. De plus, certains participants préféreraient que l’agent virtuel leur mentionne une notification plus explicite qu’un élément sonore.

Pour la modalité d’interaction tactile, certains participants émettent des avis né-

#### 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE

gatifs, d'autres ne donnent aucun avis ne sachant pas ce que c'est. Certaines personnes pensent avoir des difficultés en utilisant le tactile et que cela ne les aiderait pas dans leur tâche quotidienne. Les personnes âgées préféreraient utiliser la modalité vocale pour son approche plus humaine que l'interaction tactile.

**tableau 4.5** Questions générales post-atelier 2

Questions générales	Oui	Non
<b>1. <i>Durant l'atelier j'ai découvert :</i></b>		
1.1. Les interactions avec l'avatar	13	0
1.2. Les interactions tactiles avec les doigts	10	1
1.3. Les interactions tactiles avec stylet	8	2
1.4. Les interactions vocales	12	0
1.5. D'autres façons d'interagir que les trois interactions précédentes ?	2	5
<b>2. <i>j'ai déjà :</i></b>		
2.1. Utilisé une technologie en dialoguant avec un compagnon virtuel	2	12
2.2. Interagit avec une technologie tactile, en utilisant mes doigts	6	7
2.3. Utilisé un stylet sur un écran	2	11
2.4. Parlé pour utiliser une technologie à l'aide de ma voix	2	11

En se référant au tableau 4.5, nous remarquons que l'agent virtuel est une nouvelle découverte pour tous les participants. Deux participants avaient déjà eu l'occasion de discuter avec un compagnon virtuel tel que "Siri" et "Ok Google". Concernant l'interaction avec la modalité tactile, elle est aussi une découverte pour les participants, cependant plusieurs ont déjà expérimenté cette modalité, et ce, du fait qu'ils possèdent déjà des tablettes.

Les résultats du tableau 4.6, montrent que l'agent virtuel motive plus les personnes âgées. Le côté esthétique est important pour les participants. Durant l'atelier de prototypage nous avons présenté un seul agent virtuel que les participants ont trouvé pas assez esthétique pour eux.

Les personnes âgées pensent que l'apprentissage de la technologie est plus facile

#### 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE

en interagissant avec l'agent virtuel. Elles trouvent aussi que la manipulation du calendrier en passant par l'agent virtuel sera facilitée du fait que l'agent virtuel doit maîtriser mieux la technologie. Et par conséquent, les personnes âgées sont d'accord que l'agent virtuel est une façon efficace et plaisante pour la réalisation des actions sur le calendrier.

**tableau 4.6** Questions spécifiques relatives à l'agent virtuel

Questions relatives à la modalité d'interaction Avatar						
Pas d'accord 1	2	3	4	5	6	D'accord 7
<b>1. Personnage esthétique :</b>						
2	0	2	1	2	5	1
<b>2. Je pense qu'il est facile d'apprendre à utiliser l'avatar :</b>						
1	0	0	0	0	2	11
<b>3. J'utiliserai facilement l'avatar pour réaliser des actions sur mon calendrier électronique :</b>						
1	0	0	1	1	2	9
<b>4. Je pense que je trouverai plaisant d'interagir avec un avatar</b>						
1	0	0	0	2	1	10
<b>5. L'avatar est une façon efficace de réaliser des actions sur un calendrier électronique :</b>						
1	0	0	1	0	1	11

Les résultats du tableau 4.7, l'interaction tactile est difficile à prendre en main pour les personnes âgées, même en utilisant un stylet. La réalisation de l'action "cliquer" est plus facile pour les participants que les autres actions telles que l'action du "glisser", l'action de "tourner" ou bien l'action de "zoomer/dézoomer". Les deux actions "tourner" et "zoomer/dézoomer" sont les actions les plus difficiles à réaliser. L'interaction tactile est assez agréable et plaisante pour la majorité des participants. Par contre, le niveau d'efficacité est variable et elle demande plus d'entraînement pour une meilleure prise en main et maîtrise.

#### 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE

**tableau 4.7** Questions spécifiques relatives à l'interaction tactile

Questions relatives à la modalité d'interaction Tactile						
Pas d'accord 1	2	3	4	5	6	D'accord 7
<b>1. Je n'aurais pas de difficulté à apprendre à utiliser cette modalité d'interaction :</b>						
0	0	1	4	2	2	3
<b>2. L'utilisation d'un stylet est facile :</b>						
0	0	1	2	2	3	3
<b>3. Il me serait facile de réaliser les actions présentées sur la carte "tactile" :</b>						
<b>3.1 Cliquer :</b>						
0	0	0	2	3	1	5
<b>3.2 Glisser :</b>						
0	0	2	2	2	2	4
<b>3.3 Tourner :</b>						
0	0	3	3	1	1	3
<b>3.4 Zoomer et Dézoomer :</b>						
0	0	3	2	2	1	3
<b>4. Je pense que l'interaction tactile est agréable et plaisante :</b>						
0	0	2	1	4	2	3
<b>5. Je réaliserai efficacement mes actions grâce à une interaction tactile :</b>						
0	0	2	2	2	3	2

Les résultats du tableau 4.8, présentent les avis des participants concernant l'interaction vocale en utilisant des commandes, sans la présence d'un agent virtuel et sans un dialogue naturel. Cette interaction permet une prise en main rapide et facilite l'interaction avec le calendrier. Selon les résultats, cette interaction est agréable et efficace pour manipuler le calendrier.

#### 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE

Nous remarquons que les deux modalités d'interaction vocale et agent virtuel sont plus appréciées par les participants que la modalité d'interaction tactile.

**tableau 4.8** Questions spécifiques relatives à l'interaction vocale

Questions relatives à la modalité d'interaction vocale						
Pas d'accord 1	2	3	4	5	6	D'accord 7
<b>1. J'apprendrais facilement à interagir grâce à ma voix :</b>						
0	0	0	0	3	5	3
<b>2. Je pense qu'il est facile d'interagir grâce à ma voix :</b>						
0	0	0	1	2	5	3
<b>3. Cette modalité d'interaction sera agréable :</b>						
0	0	1	1	1	5	3
<b>4. L'interaction vocale est efficace :</b>						
0	0	0	0	2	4	3

#### 4.1.3 Atelier 3 : Conception de l'agent virtuel

##### Description générale des participants

Cet atelier a été organisé au Québec et en France. Durant cet atelier, 22 participants ont pris part à l'activité. Les participants sont divisés en 6 groupes, 4 groupes au Québec (tableau 4.9) et 2 groupes en France (tableau 4.10).

**tableau 4.9** Nombre de participants par groupe au Québec à l'atelier 3

Groupes	Nbr Participants
A3G1QC	4
A3G2QC	4
A3G3QC	3
A3G4QC	3
Total	14 Participants

#### 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE

**tableau 4.10** Nombre de participants par groupe en France à l'atelier 3

Groupes	Nbr Participants
A3G1FR	4
A3G2FR	4
Total	8 Participants

#### Résultats de la conception de l'agent virtuel

La première étape de la conception de l'agent virtuel consiste à modéliser son apparence. Les figures 4.12, 4.13, 4.14 et 4.15 montrent les choix faits par les participants concernant l'âge, le genre et l'habillement des agents virtuels préférés.

La conception de l'apparence de l'agent virtuel résulte en la création de 15 agents virtuels différents, 7 agents virtuels féminins et 8 masculins. L'âge des agents est important comme le montre la figure 4.16 en lien avec les âges des agents virtuels conçus. Selon les participants, un agent virtuel jeune est plus apprécié. En particulier, les participants s'attendent à ce qu'un agent virtuel plus jeune maîtrise mieux la technologie. Le genre de l'agent virtuel n'est pas très important. Il n'y a pas de préférence entre un agent virtuel masculin ou féminin.



**figure 4.12** Modèles d'agents virtuels conçus par les participants 1 à 4 au Québec



#### 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE



**figure 4.13** Modèles d'agents virtuels conçus par les participants 5 à 8 au Québec

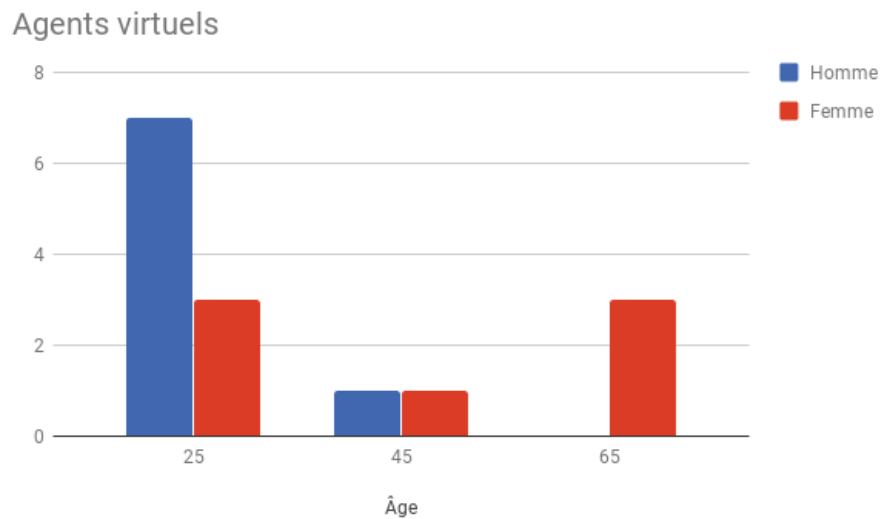


**figure 4.14** Modèles d'agents virtuels conçus par les participants 9 à 11 au Québec

#### 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE



**figure 4.15** Modèles d'agents virtuels conçus par les participants 12 à 14 au Québec



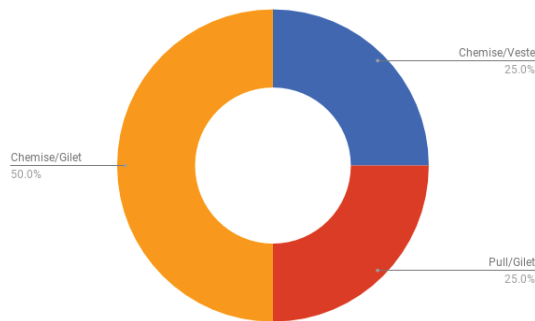
**figure 4.16** Âges des agents virtuels conçus durant l'atelier 3

Concernant les habits, le choix se porte sur des habits décontractés que ce soit pour un agent virtuel masculin ou agent virtuel féminin. Une chemise avec un gilet

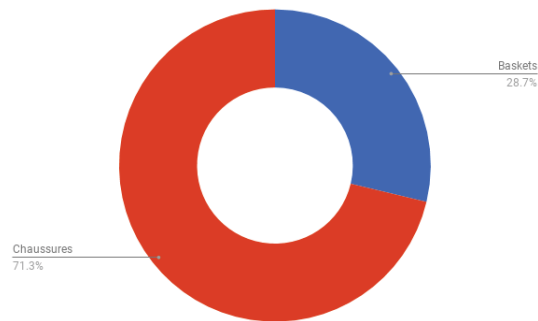
#### 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE

par-dessus et des chaussures habillées pour un agent virtuel masculin (figures 4.17 et 4.18) représente l'habit préféré pour les participants. Les choix sont plus variés pour l'agent virtuel féminin (figure 4.19) :

- Selon 31% des participants, un chemisier ou t-shirt.
- Selon 31% des participants, un jeans ou un pantalon.
- Selon 15.2% des participants, une veste.
- Selon 22.8% des participants, une robe ou une jupe.



**figure 4.17** Habits des agents virtuels masculins



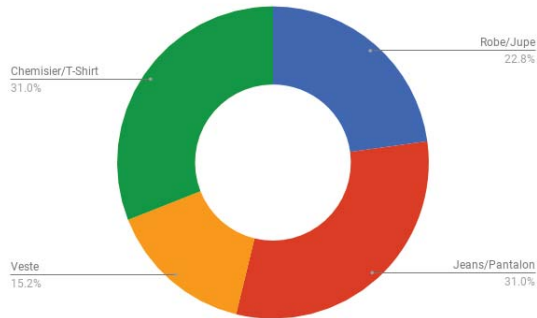
**figure 4.18** Habits des agents virtuels masculins (chaussures)

La couleur des cheveux préférée est majoritairement la couleur brune (figure 4.20). L'aspect fictif d'un agent virtuel est envisageable aussi. Les participants ont ainsi proposé des agents virtuels qui ressemblent à des animaux domestiques comme un chien, un chat ou même un singe. Aucune conception graphique n'est faite des agents virtuels fictifs durant l'atelier.

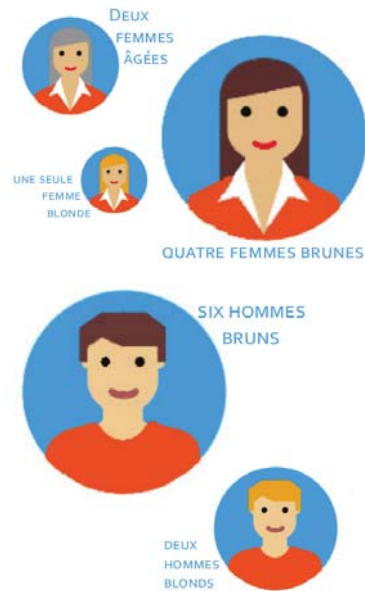
La deuxième étape de la conception de l'agent virtuel porte sur la personnalité. L'analyse des données [107, 129] est faite selon le nombre de séquences d'énoncés (SE) où les participants évoquent un des traits de personnalité du modèle OCEAN. L'analyse qualitative des données relatives à la personnalité est la suivante :

**Extraversion (18% - 43 SE) :** L'agent doit être en retrait et ne se manifester que lorsqu'il est convoqué par l'utilisateur. En tant que fonction du système Amelis, l'agent virtuel demeure soumis au contrôle de l'utilisateur. L'agent ne doit donc pas

## 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE



**figure 4.19** Habits des agents virtuels féminins



**figure 4.20** Couleurs des cheveux de l'agent virtuel

surgir inopinément, ni visuellement, ni de façon sonore. Un agent trop présent et affirmé pourrait être malaisant pour les utilisateurs. Les mots clefs des verbatims qui s'associent à ce trait de personnalité sont :

- Retrait (SE = 10) ;
- Contrôlable (SE = 4) ;
- Initiative // utilisateur (SE = 5) ;
- Franchise sans équivoque (SE = 6) ;
- Pas autoritaire (SE = 4) ;
- Assurance (SE = 3) ;
- Sociable (SE = 6) ;
- Actif-expressif stimulant (SE = 5).

**Agréabilité (22% - 54 SE) :** Un enjeu important concerne la proposition d'une voix la plus naturelle possible : cela favoriserait le confort d'usage et "rassurerait" l'utilisateur. Il est attendu que l'agent virtuel soit serviable. Deux modalités de serviabilité sont énoncées : serviabilité aidante, serviabilité secourable. Globalement, les

#### 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE

participants s'attendent à ce que l'agent virtuel soit agréable et facile à vivre. Pour cela, il favorisera une adaptation réciproque entre le système et l'utilisateur. Enfin, l'agréabilité de l'agent a une dimension sociale : elle doit pouvoir être perçue et/ou au bénéfice des rapports qu'entretient la personne âgée avec d'autres personnes de son entourage. Les mots clefs des verbatims qui s'associent à ce trait de personnalité sont :

- Chaleureux (SE = 7) ;
- Serviabilité-aidante à secourable (SE = 17) ;
- Agréable (SE = 3) ;
- Facile à vivre (SE = 3) ;
- Ami utile (SE = 7) ;
- Sympathique (SE = 8) ;
- Coopératif (SE = 8) ;
- Attirant (SE = 2).

**Conscience (34% - 82 SE) :** L'agent fera preuve d'une organisation rigoureuse et minutieuse et réalisera des actions efficaces. Le facteur temps important. Il sera fiable et responsable, car ses actions trouveront des répercussions réelles sur la vie quotidienne de l'utilisateur. Il devra trouver une utilité pratique, notamment en étant efficace pour des activités significatives pour l'âné utilisateur, comme les impôts ou l'anniversaire des petits-enfants. Les mots clefs des verbatims qui s'associent à ce trait de personnalité sont :

- Fiable (SE = 22) ;
- Pratique (SE = 8) ;
- Efficace (SE = 17) ;
- Organisé (SE = 11) ;
- Précis et minutieux (SE = 5) ;
- Travailleur-laborieux (SE = 6) ;
- Responsable et consciencieux (SE = 4) ;
- Préventeur-correcteur (SE = 9).

#### 4.1. ATELIERS DE PROTOTYPAGE

**Névrotisme (5% - 11 SE) :** Compte tenu des résultats concernant les autres traits de personnalité, nous pouvons nous attendre à ce que les aînés souhaitent un agent virtuel calme et stable, avec peut-être un degré d'impassibilité lorsqu'il fera face à des situations adverses. Les aînés ne souhaitent pas un agent de type névrotique qui montre un caractère irritable.

- Calme (SE = 5) ;
- Patient (SE = 2) ;
- Supporte des conditions d'interaction spécifiques (SE = 4).

**Ouverture (21% - 51 SE) :** La présence d'un agent personnifié engendre des attentes quant à sa capacité à se montrer judicieux, à faire preuve de finesse et de qualité dans son comportement et ses réponses, à manifester ses goûts et préférences. Cependant, la priorité est donnée à l'efficacité de l'agent virtuel plutôt qu'à une personnalité profonde.

- Judicieux (SE = 8) ;
- Intelligence en situation (SE = 7) ;
- Simple (SE = 8) ;
- Réaliste (SE = 2) ;
- Original (SE = 10) ;
- Sachant-pédagogue (SE = 4) ;
- Sensible (SE = 4) ;
- Civilisé (SE = 4) ;
- Intuitif (SE = 4).

L'analyse quantitative est faite sur la base de nombre de séquences d'énoncés évoquant chacun des traits de personnalité du modèle OCEAN (figure 4.21). Le nombre total des séquences traitant de la personnalité est de 241 séquences. Les séquences sont les verbatims transcrits des participants aux ateliers de prototypages.

## 4.2. EXPÉRIMENTATION DES MOYENS D'INTERACTION

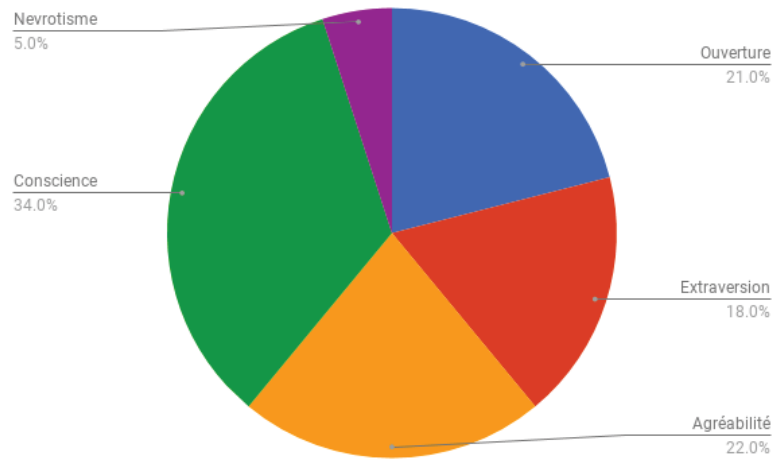


figure 4.21 Personnalité de l'agent virtuel

## 4.2 Expérimentation des moyens d'interaction

L'expérimentation des moyens d'interaction se déroule en 3 étapes : (1) évaluation des scénarii d'usage pré-déploiement réalisé par les participants sans l'intervention du chercheur ; (2) test de l'utilisation d'Amelis à domicile pendant une période de deux mois et demi ; (3) évaluation des scénarii d'usage post-déploiement réalisé par les participants et sans l'intervention du chercheur.

### 4.2.1 Description générale des participants

L'expérimentation des moyens d'interaction s'est déroulée à domicile avec 4 participants. Ils ont tous passé le test cognitif MoCA et ont été sélectionnés selon les critères fixés pour pouvoir participer (section 2.6). Les profils des participants sont décrits dans les cartes profils (figures 4.22, 4.23, 4.24 et 4.25) indiquent leurs genres, année de naissance, le score cognitif obtenu, la profession exercée, les activités actuelles importantes ainsi que la motivation principale pour le projet.

## 4.2. EXPÉRIMENTATION DES MOYENS D'INTERACTION

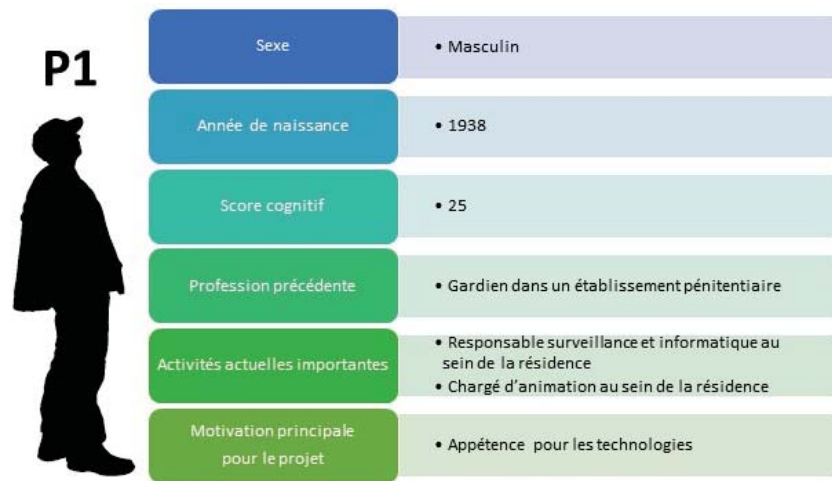


figure 4.22 Profil du participant 1 à l'expérimentation des moyens d'interaction et du module émotionnel



figure 4.23 Profil du participant 2 à l'expérimentation des moyens d'interaction



## 4.2. EXPÉRIMENTATION DES MOYENS D'INTERACTION

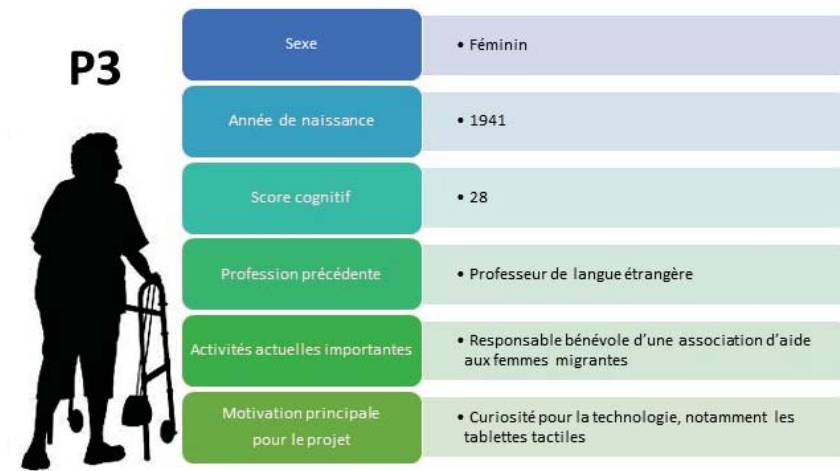


figure 4.24 Profil du participant 3 à l'expérimentation des moyens d'interaction



figure 4.25 Profil du participant 4 à l'expérimentation des moyens d'interaction

Les participants à cette expérimentation habitent seuls dans le logement de la résidence autonome. Ils utilisent déjà un ordinateur de bureau et possèdent une connexion internet. Ils ont participé à la conception du calendrier Amelis.

### 4.2.2 Scenarii d'usage

Les scenarii d'usage ont été évalués au début de l'expérimentation (avant le déploiement du calendrier à domicile) et à la fin de l'expérimentation (après trois mois

## 4.2. EXPÉRIMENTATION DES MOYENS D'INTERACTION

de déploiement à domicile). Le but de ces scénarii est d'évaluer la progression et l'adaptation à l'utilisation des moyens d'interactions proposés.

Les scénarii d'usage pré-déploiement ainsi que les scénarii d'usage post-déploiement sont composés de 4 tâches à effectuer par les participants : 2 tâches avec la modalité agent virtuel et 2 tâches avec la modalité tactile (annexe C).

Pour chaque tâche réalisée par chaque participant, le temps total passé, le nombre de changements d'écrans et le nombre d'actions sont calculés. Les tableaux 4.11 et 4.12 décrivent les résultats obtenus au pré-déploiement et au post-déploiement. Nous considérons un scénario réussi seulement si toute la consigne est respectée.

**tableau 4.11** Résultats des scénarii d'usage pré-déploiement

Participants	Scenario 1 (agent virtuel)				Scenario 2 (agent virtuel)			
	Temps (s)	Ecrans	Actions	Réussite	Temps (s)	Ecrans	Actions	Réussite
P1	107	5	9	Oui	71	3	7	Non
P2	573	3	23	Non	90	2	5	Non
P3	112	4	16	Oui	35	2	1	Non
P4	1065	56	88	Non	409	4	8	Oui
Moyenne	464.25	17.00	34.00		151.25	2.75	5.25	

Participants	Scenario 3 (tactile)				Scenario 4 (tactile)			
	Temps (s)	Ecrans	Actions	Réussite	Temps (s)	Ecrans	Actions	Réussite
P1	534	28	73	Non	60	7	9	Oui
P2	144	2	2	Non	897	7	19	Non
P3	180	16	29	Non	41	5	7	Oui
P4	352	15	22	Non	132	11	12	Oui
Moyenne	302.50	15.25	31.50		282.50	7.50	11.75	

Les deux premiers scénarii (scénario 1 et scénario 2 en pré-déploiement et en post-déploiement) sont relatifs à la modalité d'interaction "agent virtuel". Le scénario 1 consiste à rajouter un rendez-vous au calendrier. Au pré-déploiement 2 participants ont réussi ce scénario alors qu'au post-déploiement un seul participant a réussi la réalisation de cette tâche. Le scénario 2 consiste à demander à l'agent virtuel quelles sont les fêtes du mois prochain. Au pré-déploiement un seul participant a réussi ce scénario alors qu'au post-déploiement, tous les participants l'ont réussi.

Les deux derniers scénarii (scénario 3 et scénario 4 en pré-déploiement et en post-déploiement) sont relatifs à la modalité d'interaction "tactile". Le scénario 3 consiste à modifier un rendez-vous existant dans le calendrier. Au pré-déploiement aucun par-

## 4.2. EXPÉRIMENTATION DES MOYENS D'INTERACTION

tableau 4.12 Résultats des scénarii d'usage post-déploiement

Participants	Scenario 1 (agent virtuel)				Scenario 2 (agent virtuel)			
	Temps (s)	Ecrans	Actions	Réussite	Temps (s)	Ecrans	Actions	Réussite
P1	322	5	42	Non	90	6	10	Oui
P2	1212	26	62	Non	233	5	9	Oui
P3	85	3	9	Non	210	8	5	Oui
P4	530	6	40	Oui	125	10	2	Oui
Moyenne	537.25	10.00	38.25		164.50	7.25	6.50	

Participants	Scenario 3 (tactile)				Scenario 4 (tactile)			
	Temps (s)	Ecrans	Actions	Réussite	Temps (s)	Ecrans	Actions	Réussite
P1	75	12	11	Oui	239	19	23	Oui
P2	145	2	3	Non	285	5	10	Non
P3	94	14	15	Oui	901	32	141	Oui
P4	177	8	15	Non	300	13	81	Oui
Moyenne	122.75	9.00	11.00		431.25	17.25	63.75	

participant n'a réussi ce scénario, tandis qu'au post-déploiement 2 participants ont réussi à le réaliser. Le scénario 4 consiste à modifier un contact inscrit dans le calendrier Amelis. Seulement un seul participant a échoué ce scénario.

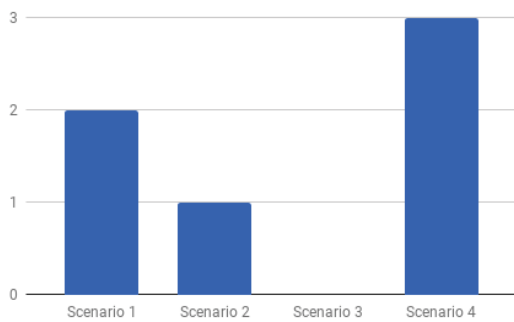


figure 4.26 Taux de réussite par scénario (pré-déploiement)

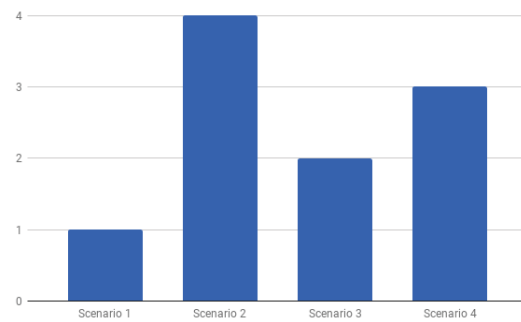


figure 4.27 Taux de réussite par scénario (post-déploiement)

Le taux de réussite global a augmenté. Durant le pré-déploiement (figure 4.26), le scénario le plus réussi est le scénario 4 qui a été réussi par seulement 3/4 des participants, alors qu'au scénario 3 aucun participant n'a réussi à le réaliser. Au pré-déploiement, le taux de réussite global est de 6 réussites et 10 échecs. Durant le post-déploiement (figure 4.27), le scénario 2 est réussi par tous les participants et le scénario 3 est réussi par la moitié des participants. Le taux de réussite global est de

## 4.2. EXPÉRIMENTATION DES MOYENS D'INTERACTION

10 réussites et 6 échecs.

### 4.2.3 Déploiement du calendrier Amelis à domicile

Le déploiement du calendrier Amelis avec l'agent virtuel inanimé est réalisé au domicile de chaque participant sur une période de 3 mois. Durant cette période, les participants sont libres d'utiliser le calendrier pour rajouter leurs rendez-vous que ce soit avec la modalité d'interaction tactile ou avec l'agent virtuel.

Les fréquences d'utilisation du tactile et de l'agent virtuel sont enregistrées pour chaque participant. Le tableau 4.13 illustre le nombre de jours d'utilisation de chacune des modalités d'interaction (tactile et agent virtuel) sur la période du déploiement.

**tableau 4.13** Nombre de jours d'utilisation des modalités d'interactions

Participants	Interaction	Période		
		Premier mois	Deuxième mois	Troisième mois
<b>P1</b>	Agent virtuel	11	8	1
	Tactile	19	31	26
<b>P2</b>	Agent virtuel	3	2	0
	Tactile	9	15	1
<b>P3</b>	Agent virtuel	6	7	2
	Tactile	15	30	19
<b>P4</b>	Agent virtuel	4	5	0
	Tactile	12	16	6

La fréquence d'utilisation a crû au deuxième mois surtout en tactile. Les participants **P1** et **P3** ont une utilisation très fréquente du calendrier au deuxième mois. Pendant le troisième mois, les quatre participants ont moins utilisé Amelis que ce soit en tactile ou avec l'agent virtuel. Les participants ne trouvaient plus d'intérêt d'utiliser le calendrier sachant qu'il allait être retiré et que tous les rendez-vous enregistrés ne seraient pas rappelés.

La baisse de l'utilisation de la modalité d'interaction "Agent Virtuel" est aussi provoquée par les multiples incompréhensions de l'agent virtuel des commandes des participants (section 4.2.4).

### 4.3. EXPÉRIMENTATION DU MODÈLE ÉMOTIONNEL

#### 4.2.4 Erreurs d'interactions avec l'agent virtuel

Les erreurs rencontrées durant les interactions avec l'agent virtuel sont de différentes natures :

- Incompréhension au niveau de la reconnaissance vocale.
- Mauvaise interprétation du texte, par exemple l'agent virtuel ne comprend pas le mot "organiser".
- Réponse rapide donnée par l'agent virtuel. Le système de reconnaissance vocale n'attend pas que l'utilisateur finisse sa phrase, notamment quand l'utilisateur s'arrête pour réfléchir.
- Boucle de reconnaissance vocale dû au fait que l'agent virtuel s'entend et essaye de se répondre à lui-même.

### 4.3 Expérimentation du modèle émotionnel

Le modèle émotionnel a été évalué en deux volets. Le premier volet, concernant la perception des émotions de l'agent virtuel par le participant, se base sur deux mesures. La première mesure repose sur l'enregistrement des mouvements oculaires tout au long de l'exécution de la tâche demandée et la deuxième mesure (décrite dans la section précédente) repose sur un questionnaire d'évaluation rempli par le participant à la fin de la tâche demandée. L'objectif de la mesure faite avec l'oculomètre est d'étudier l'importance de l'agent virtuel dans l'interface durant l'interaction. Le deuxième volet, concerne la dynamique émotionnelle de l'agent virtuel. Cette dynamique est gérée par le module émotionnel et se base sur les interactions entre l'agent virtuel et le participant.

#### 4.3.1 Description générale des participants

L'expérimentation du modèle émotionnel est réalisée à domicile avec 4 participants. Un participant ayant pris part à la précédente expérimentation a fait partie de celle-ci, les autres participants avaient participé aux ateliers de prototypages. Le profil des participants est décrit dans le tableau [4.14](#).

### 4.3. EXPÉRIMENTATION DU MODÈLE ÉMOTIONNEL

**tableau 4.14** Profils des participants de l'expérimentation du modèle émotionnel

Participants	Sexe	Année de naissance	Score MoCA	Ancien participant
Participant 1	Féminin	1951	23	Non
Participant 2	Masculin	1938	25	Oui
Participant 3	Féminin	1940	17	Non
Participant 4	Féminin	1933	19	Non

#### 4.3.2 Liste des tâches de l'expérimentation

L'expérimentation se déroule sur 2 rencontres. Durant chaque rencontre le participant est appelé à effectuer une liste de tâches (4 tâches durant la première rencontre et 2 tâches durant la deuxième rencontre) qui consistent à rajouter ou supprimer un rendez-vous ayant des caractéristiques particulières. À la fin de chaque tâche, le participant remplit un questionnaire indiquant les émotions qu'il a perçues sur le visage de l'agent virtuel. Le tableau 4.15 liste l'ensemble des tâches. Outre les tâches à effectuer, un total de 4 rappels de rendez-vous factices sont annoncés (2 rappels à chaque rencontre, notés par le code J1T2, J1T5, J2T2 et J2T4 et qui ne sont pas mentionnés dans le tableau 4.15). Le participant est invité à exprimer son avis en indiquant les émotions perçues sur l'agent virtuel, lors du rappel.

**tableau 4.15** Liste des tâches de l'expérimentation du modèle émotionnel

Rencontres	Tâches	Description
Rencontre 1	J1T1	Ajouter un rendez-vous heureux
	J1T3	Ajouter un rendez-vous neutre
	J1T4	Ajouter un rendez-vous triste
	J1T6	Ajouter un rendez-vous avec des erreurs
Rencontre 2	J2T1	Ajouter un rendez-vous avec des erreurs
	J2T3	Supprimer un rendez-vous

#### 4.3.3 Résultats de l'expérimentation du module émotionnel

Les émotions générées selon le modèle PAD (Pleasure-Arousal-Dominance) du module émotionnel dépendent de l'interaction de l'utilisateur avec l'agent virtuel. Du-

### 4.3. EXPÉRIMENTATION DU MODÈLE ÉMOTIONNEL

rant l'expérimentation du modèle émotionnel, nous demandons à chaque participant de réaliser chacune des tâches décrites dans le tableau 4.15. Le contexte émotionnel du rendez-vous n'est pas implémenté dans le module émotionnel, c'est-à-dire que l'évaluation des émotions de l'agent virtuel se base uniquement sur les événements générés durant l'interaction et aucunement sur le contenu du rendez-vous. La figure 4.28 montre la dynamique émotionnelle de l'agent virtuel durant la réalisation de la tâche J1T1 (ajout d'un rendez-vous heureux, tableau 4.15) pour chaque participant. À chaque réception d'un événement, par exemple l'événement lié à la saisie de la date, le module émotionnel l'évalue et recalcule les valeurs, comprises dans l'intervalle  $[-1, 1]$ , de chaque axe P, A et D. Les graphiques de la dynamique émotionnelle relative aux autres tâches se trouvent à l'annexe I. Ces graphiques montrent l'évolution émotionnelle de l'agent virtuel durant l'interaction.

L'état émotionnel au début de chaque interaction est neutre, c'est-à-dire équivalent à la transformation des paramètres OCEAN de la personnalité de l'agent virtuel en PAD selon l'équation 2.2. Dans la figure 4.28, nous nous intéressons aux pics de l'axe P qui représente la plaisance de l'événement reçu. La plaisance d'un événement est corrélée avec le rapprochement de la réalisation du but. Nous remarquons aussi des atténuations faites au cours du temps qui représentent le changement émotionnel pour revenir à l'état initial. Ces atténuations sont réalisées grâce à une fonction de dissipation exponentielle évaluée à chaque 200 millisecondes et qui permet de diminuer graduellement l'intensité de l'émotion jusqu'à atteindre la valeur neutre correspondante à la personnalité de l'agent virtuel.

Dans la figure 4.28, l'axe horizontal représente le temps. Nous surlignons les zones d'intérêt pour chaque interaction. La zone numéro 1, dans l'ensemble des courbes des participants, montre un pic vers le haut sur l'axe P, ceci caractérise un événement plaisant. Ce pic est lié à l'activation de l'agent virtuel. Par la suite, une succession de pics se produit qui dépendent de l'interaction de l'utilisateur. Les pics vers le bas, sur l'axe P, résultent des événements déplaisants tel qu'une incompréhension de l'agent virtuel de l'information donnée par l'utilisateur, par exemple une date incorrecte. Le dernier pic, sur l'axe P, est caractéristique du succès ou de l'échec de la réalisation de

### 4.3. EXPÉRIMENTATION DU MODÈLE ÉMOTIONNEL

la tâche. La zone 4 pour le participant 1 montre le pic vers le bas ce qui veut dire que la tâche J1T1 pour le participant 1 n'a pas été réalisée. Pour les participants 2, 3 et 4 (zones respectives 5, 4, 5) la tâche J1T1 a été accomplie ce qui a été traduit par le module émotionnel comme étant un événement plaisant. La zone 5 dans le graphique du participant 3 montre un pic vers le bas qui résulte de la désactivation de l'agent virtuel et qui est considéré comme un événement déplaisant.

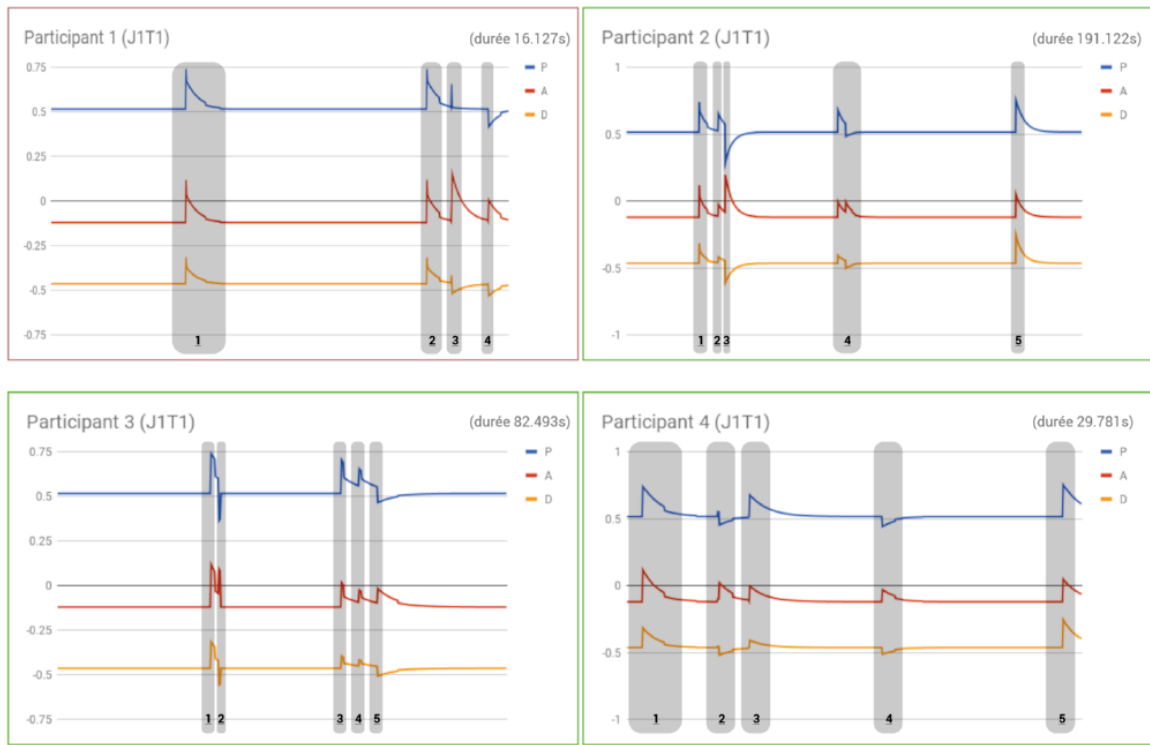
La tâche J2T3, qui consiste à supprimer un rendez-vous du calendrier avec l'agent virtuel, génère un événement neutre dans l'implémentation du module émotionnel, d'où la ressemblance des courbes dans la figure 4.29, sauf pour le participant 1, la tâche J2T3 a été influencée par l'activation poursuivie de la désactivation de l'agent virtuel qui provoque le pic vers le bas. Le pic vers le haut, dans les graphiques des participants 2, 3 et 4, est lié à l'activation de l'agent virtuel, il s'ensuit l'exécution de la fonction de dissipation pour le retour à l'état neutre. La tâche J2T3 a été accomplie avec succès par tous les participants.

La dynamique émotionnelle des autres tâches (tableau 4.15) réalisées par les participants, montre que pour un même utilisateur le module émotionnel ne réagit pas de la même façon et que l'évaluation dépend du séquençement des actions ainsi que de leurs durées. Les graphiques liés à la dynamique émotionnelle se trouvent à l'annexe I.

Des problèmes techniques avec l'agent virtuel ont été rencontrés avec le participant 4. Ceci nous a obligé à procéder avec la version inanimée de l'agent virtuel pour la rencontre durant la première journée. Cependant, le module émotionnel a continué à fonctionner et à évaluer les émotions de l'agent virtuel. Seulement le module expressif, qui traduit les émotions en expressions faciales, a été désactivé. Les problèmes rencontrés provoquaient des ralentissements généraux de la tablette quand l'agent virtuel était lancé.

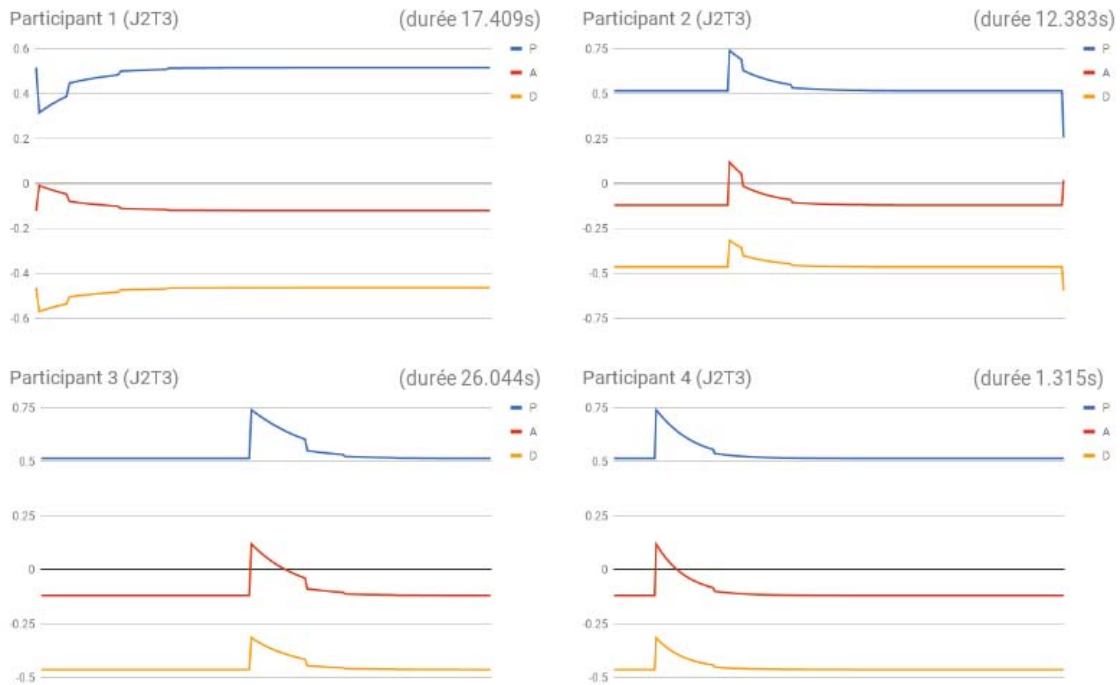


### 4.3. EXPÉRIMENTATION DU MODÈLE ÉMOTIONNEL



**figure 4.28** Comportement émotionnel de l'agent virtuel pour la tâche J1T1 pour chacun des quatre participants

### 4.3. EXPÉRIMENTATION DU MODÈLE ÉMOTIONNEL



**figure 4.29** Comportement émotionnel de l'agent virtuel pour la tâche J2T3 pour chacun des quatre participants

Après chaque complétion d'une tâche, les participants ont rempli un questionnaire sur leur perception de l'émotion générée par l'agent virtuel. Le tableau 4.16 montre le résultat du questionnaire concernant les émotions perçues par les participants durant leurs interactions avec l'agent virtuel. Les évaluations données par les participants concernent la perception après la réalisation d'une tâche. Elles visent à déterminer leur interprétation des expressions faciales de l'agent virtuel. Pour le participant 4 (P4), les tâches J1T1, J1T3, J1T4 et J1T6 ont été réalisées avec un agent virtuel inanimé, d'où l'absence d'émotions perçues par le participant.

### 4.3. EXPÉRIMENTATION DU MODÈLE ÉMOTIONNEL

tableau 4.16 Émotions perçues par les participants durant les tâches

Tâches	Participants	Émotions perçues
<b>J1T1 - Ajouter un rendez-vous heureux</b>	<b>P1</b>	
	<b>P2</b>	Intérêt; Soulagement
	<b>P3</b>	Intérêt
	<b>P4</b>	
<b>J1T3 - Ajouter un rendez-vous neutre</b>	<b>P1</b>	Amusement; Joie
	<b>P2</b>	Amusement; Plaisir
	<b>P3</b>	Intérêt; Contentement; Compassion
	<b>P4</b>	
<b>J1T4 - Ajouter un rendez-vous triste</b>	<b>P1</b>	Intérêt; Contentement; Soulagement
	<b>P2</b>	
	<b>P3</b>	
	<b>P4</b>	
<b>J1T6 - Ajouter un rendez-vous avec des erreurs</b>	<b>P1</b>	Intérêt; Amusement
	<b>P2</b>	Intérêt; Amusement; Joie
	<b>P3</b>	
	<b>P4</b>	
<b>J2T1 - Ajouter un rendez-vous avec des erreurs</b>	<b>P1</b>	Intérêt
	<b>P2</b>	
	<b>P3</b>	
	<b>P4</b>	
<b>J2T3 - Supprimer un rendez-vous</b>	<b>P1</b>	Intérêt; Contentement
	<b>P2</b>	
	<b>P3</b>	Joie; Contentement
	<b>P4</b>	Intérêt

#### 4.3.4 Mesures oculométriques

Pour la présentation des résultats des données de l'oculomètre, l'écran du calendrier Amelis est divisé en plusieurs régions. Le premier écran du calendrier (figure 4.30), qui est l'écran d'Amelis avec l'agent virtuel désactivé, est divisé en 5 régions principales. Le deuxième écran (figure 4.31), qui est le calendrier avec l'agent virtuel activé, est divisé en 7 régions principales. Les régions 1, 2, 4 et 5 sont les mêmes dans les deux écrans. Par contre la région 3 est différente. Sur le premier écran (figure

### 4.3. EXPÉRIMENTATION DU MODÈLE ÉMOTIONNEL

4.30), la région 3 représente la région de la météo avec la photo de la page d'accueil alors que sur l'écran 2 (figure 4.31), elle représente le panneau latéral des informations d'un rendez-vous. La région 6 est la zone de l'agent virtuel et la région 7 est la région de la discussion écrite entre l'agent virtuel et l'utilisateur. Le tableau 4.17 décrit le pourcentage d'occupation de chaque zone de l'écran.

Pour chacune des 6 tâches, l'oculomètre enregistre 3 mesures essentielles :

- **Saccade (S)** : cette mesure enregistre les micro-mouvements au sein d'une même région. Une saccade est représentée par un point avec des coordonnées (x, y) sur l'écran.
- **Durée (D)** : cette mesure représente la durée totale, en milliseconde, pendant laquelle un utilisateur regarde une région durant la réalisation de la tâche.
- **Visite (V)** : cette mesure représente le nombre de fois que le regard est entré dans une des régions de l'écran.



figure 4.30 Zones analysées avec l'oculomètre - Agent virtuel désactivé

### 4.3. EXPÉRIMENTATION DU MODÈLE ÉMOTIONNEL

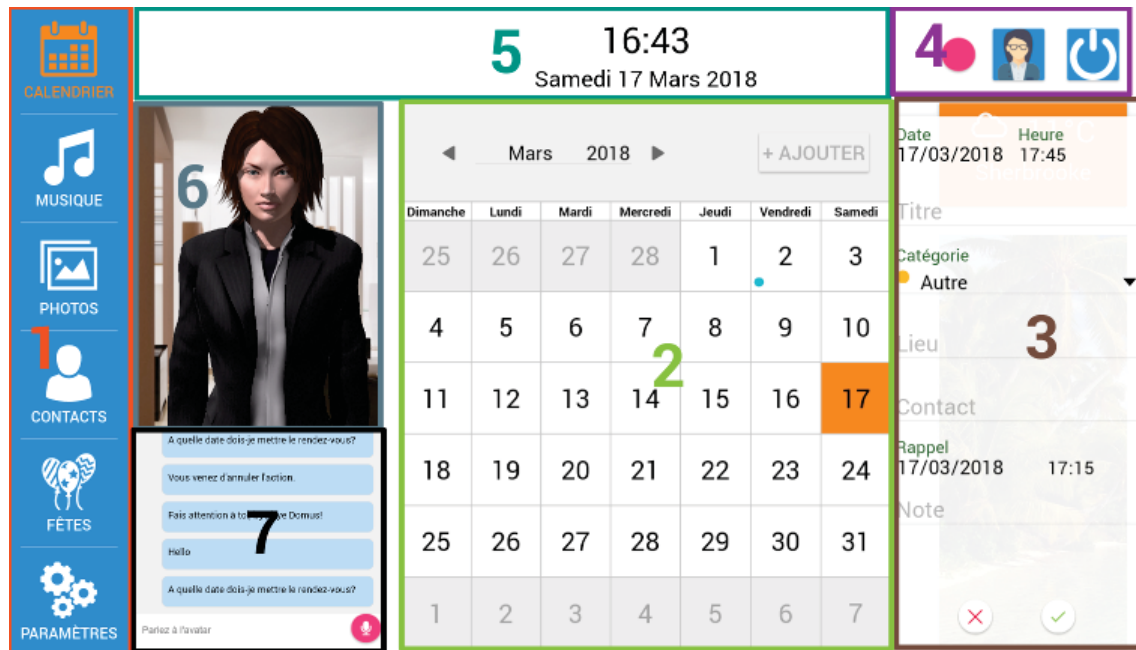


figure 4.31 Zones analysées avec l'oculomètre - Agent virtuel activé

Le tableau 4.18 montre l'ensemble des données recueillies par l'oculomètre pour chaque participant et pour chaque tâche réalisée.

**tableau 4.17** Pourcentage d'occupation de chaque région dans l'écran. **R1** : Menu des fonctionnalités ; **R2** : calendrier ; **R3** : photo-météo ou panneau latéral d'ajout de rendez-vous ; **R4** : boutons commandes ; **R5** : date et heure ; **R6** : agent virtuel ; **R7** : discussion agent virtuel.

Écrans	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Écran 1 (fig. 4.30)	10%	55%	22%	3%	9%	-	-
Écran 2 (fig. 4.31)	10%	36%	19%	3%	9%	12%	9%

### 4.3. EXPÉRIMENTATION DU MODÈLE ÉMOTIONNEL

**tableau 4.18** Résultats de l'oculomètre. **S** : nombre de saccades dans la région ; **D** : durée totale passée dans une région en milliseconde ; **V** : nombre de visites total de la région.

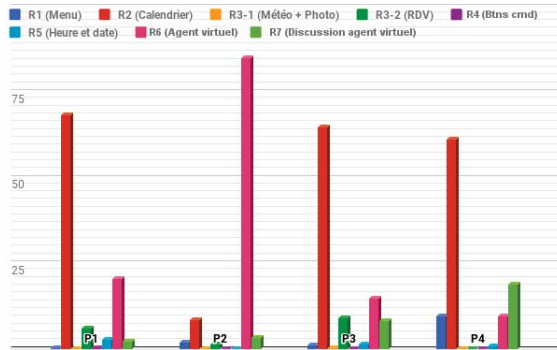
Tâches	Participants	Durée Totale (ms)	R1 (Menu)			R2 (Calendrier)			R3-1 (Météo + Photo)			R3-2 (RDV)		
			S	D	V	S	D	V	S	D	V	S	D	V
<u>J1T1</u>	P1	16127	1	50	1	96	11018	20	0	0	0	11	949	4
	P2	191122	20	3649	8	86	16123	21	0	0	0	23	2831	6
	P3	82493	4	982	2	218	53526	32	2	316	2	26	7370	18
	P4	29781	25	2828	12	112	18204	13	0	0	0	0	0	0
<u>J1T3</u>	P1	14662	5	449	3	90	10399	11	1	168	1	6	799	4
	P2	53722	113	15241	24	161	20832	29	0	0	0	16	1014	6
	P3	59410	0	0	0	113	23702	34	0	0	0	20	3760	8
	P4	15377	2	199	2	55	6724	16	0	0	0	4	367	4
<u>J1T4</u>	P1	23646	7	1020	5	96	11535	30	1	266	1	14	2248	11
	P2	58951	5	799	5	299	34855	36	16	1913	9	59	7448	8
	P3	64732	0	0	0	64	12477	29	0	0	0	57	15175	14
	P4	15274	1	67	1	86	10214	16	4	399	2	6	531	5
<u>J1T6</u>	P1	52168	15	1713	7	344	37969	37	22	2679	10	9	1364	5
	P2	46242	6	399	3	103	8685	18	0	0	0	55	7237	9
	P3	64290	7	1548	5	112	23180	18	7	1298	1	10	1730	6
	P4	31147	3	366	2	215	29949	5	4	632	3	0	0	0
<u>J2T1</u>	P1	15809	3	216	3	110	10918	17	0	0	0	0	0	0
	P2	117397	48	7656	22	256	41632	60	3	449	2	38	6923	22
	P3	72797	0	0	0	179	45010	28	16	3312	7	34	7089	8
	P4	3024	2	66	2	22	1146	7	0	0	0	0	0	0
<u>J2T3</u>	P1	17409	1	67	1	93	10689	19	0	0	0	5	782	4
	P2	12383	0	0	0	35	8688	4	17	3495	5	2	200	1
	P3	26044	0	0	0	95	22401	12	16	3094	9	0	0	0
	P4	1315	0	0	0	6	499	3	0	0	0	1	67	1

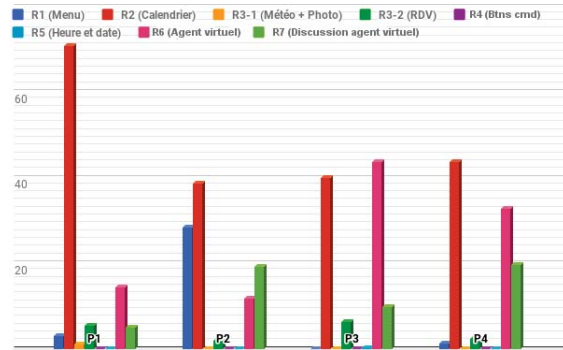
Tâches	Participants	Durée Totale (ms)	R4 (Boutons commandes)			R5 (Heure et date)			R6 (Agent virtuel)			R7 (Discussion agent virtuel)		
			S	D	V	S	D	V	S	D	V	S	D	V
<u>J1T1</u>	P1	16127	1	33	1	6	433	4	40	3294	14	5	350	4
	P2	191122	0	0	0	1	67	1	625	162232	32	54	6220	17
	P3	82493	0	0	0	1	1231	1	51	12277	17	30	6791	14
	P4	29781	0	0	0	3	266	2	24	2830	14	34	5653	11
<u>J1T3</u>	P1	14662	0	0	0	0	0	0	22	2114	8	10	733	5
	P2	53722	0	0	0	0	0	0	46	6290	14	72	10345	29
	P3	59410	0	0	0	1	100	1	93	26002	26	26	5846	15
	P4	15377	0	0	0	0	0	0	27	5058	11	22	3029	12
<u>J1T4</u>	P1	23646	0	0	0	5	683	4	58	6912	17	12	982	5
	P2	58951	2	116	2	21	3444	9	47	5121	10	48	5255	13
	P3	64732	0	0	0	0	0	0	99	25083	22	43	11997	18
	P4	15274	3	532	2	8	998	8	16	2395	6	1	138	1
<u>J1T6</u>	P1	52168	0	0	0	3	550	3	52	6247	19	22	1646	11
	P2	46242	0	0	0	3	316	3	223	23482	26	84	6123	24
	P3	64290	2	649	1	0	0	0	77	23423	20	45	12462	22
	P4	31147	1	200	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<u>J2T1</u>	P1	15809	3	116	1	8	882	4	26	2729	10	8	948	6
	P2	117397	23	3723	13	21	5971	9	133	23892	40	149	27151	56
	P3	72797	0	0	0	0	0	0	44	15822	14	8	1564	6
	P4	3024	0	0	0	0	0	0	19	1380	7	10	432	6
<u>J2T3</u>	P1	17409	3	233	3	11	1730	9	27	3875	8	1	33	1
	P2	12383	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P3	26044	0	0	0	2	549	2	0	0	0	0	0	0
	P4	1315	0	0	0	0	0	0	7	449	2	6	300	3

### 4.3. EXPÉRIMENTATION DU MODÈLE ÉMOTIONNEL

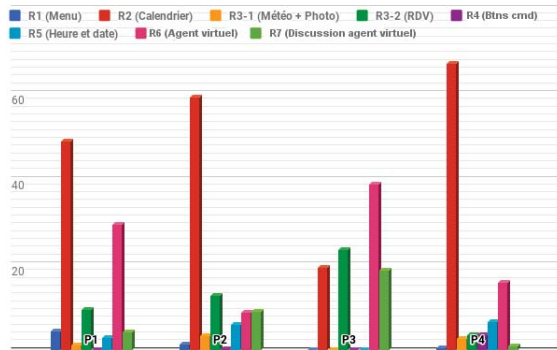
L'analyse des données de l'oculomètre, par rapport au temps passé sur chacune des régions durant l'exécution d'une tâche, est représentée dans les graphiques ci-dessous (figures 4.32, 4.33, 4.34, 4.35, 4.36 et 4.37). Dans ces graphiques, nous avons additionné les durées respectives de chaque région des deux écrans (figures 4.30, 4.31) étant donné qu'elles représentent la même information sauf pour la région 3 qui ne contient pas la même information et qui est représentée dans les graphiques par R3-1 pour la région 3 de l'écran 1 et R3-2 pour la région 3 de l'écran 2. Chaque graphique montre le pourcentage total passé sur chaque région durant l'exécution d'une tâche pour chacun des 4 participants.



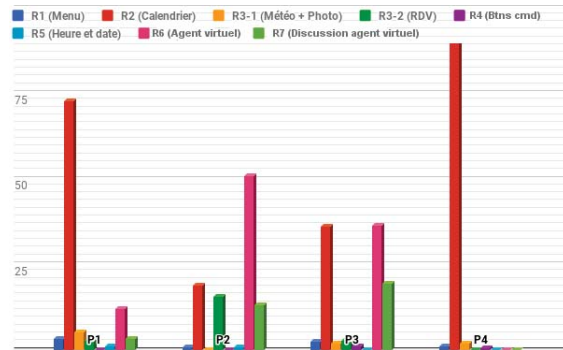
**figure 4.32** Durée (%) passée à regarder chaque région de l'écran durant la tâche J1T1



**figure 4.33** Durée (%) passée à regarder chaque région de l'écran durant la tâche J1T3

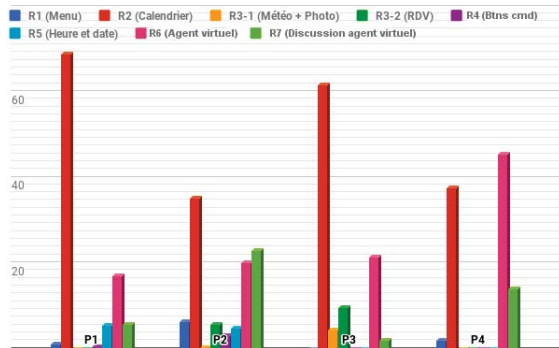


**figure 4.34** Durée (%) passée à regarder chaque région de l'écran durant la tâche J1T4

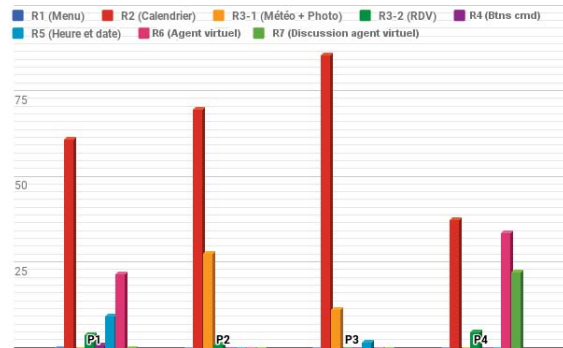


**figure 4.35** Durée (%) passée à regarder chaque région de l'écran durant la tâche J1T6

#### 4.4. ENVIRONNEMENTS DE L'AGENT VIRTUEL



**figure 4.36** Durée (%) passée à regarder chaque région de l'écran durant la tâche J2T1



**figure 4.37** Durée (%) passée à regarder chaque région de l'écran durant la tâche J2T3

Les régions R2 (Calendrier) et R6 (Agent virtuel) sont les deux régions qui attirent le plus l'attention de l'utilisateur. Par contre, certains participants passent du temps à regarder la discussion écrite dans la région R7. Ceci est remarqué surtout quand le participant ne sait pas quelle réponse donner à l'agent virtuel. À ce moment-là, le participant a recours à cette région. La région R3-2 qui présente les informations du rendez-vous est souvent moins regardée que l'agent virtuel.

## 4.4 Environnements de l'agent virtuel

Les environnements dans lesquels évolue l'agent virtuel sont utilisés pour créer le rappel implicite. Les environnements, qui sont au nombre de 6, sont liés aux catégories des rendez-vous (Famille, Médical, Loisirs, Coopérative, Fêtes et Autres). En se basant sur les verbatims, chaque environnement est conçu pour inclure des éléments spécifiques reflétant la catégorie associée ainsi qu'avoir la couleur de la catégorie comme couleur dominante dans l'environnement. Une taxonomie est construite pour chaque environnement permettant d'en identifier les caractéristiques. La validation de la compréhension de l'environnement est faite en laboratoire avec 29 étudiants de l'Université de Sherbrooke, choisis aléatoirement. Ils sont partagés en 9 groupes, composés de 2 à 5 personnes.



## 4.4. ENVIRONNEMENTS DE L'AGENT VIRTUEL

### 4.4.1 Environnement “médical”

La catégorie médicale est représentée par la couleur rouge, pour cela cette couleur est dominante dans cet environnement. L'environnement associé à la catégorie médicale s'inspire d'une salle d'attente d'un cabinet médical.

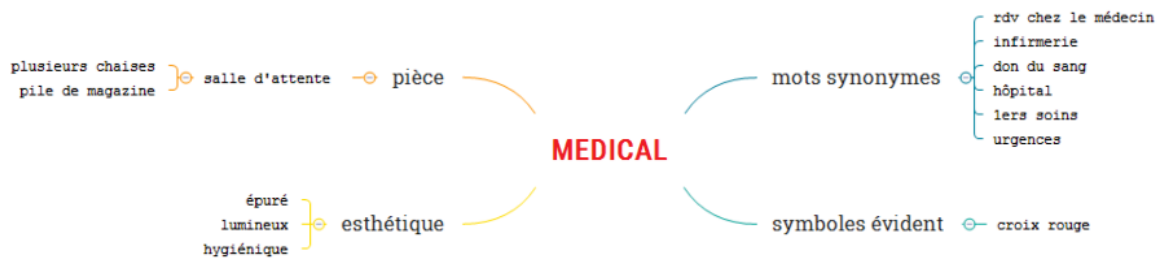


figure 4.38 Taxonomie de l'environnement médical

La taxonomie (figure 4.38) a permis de construire un environnement reflétant la catégorie médicale (figure 4.39). Cet environnement est utilisé lorsque l'agent virtuel doit annoncer un rendez-vous de la catégorie médicale.



figure 4.39 Environnement médical

#### 4.4. ENVIRONNEMENTS DE L'AGENT VIRTUEL

Les 29 étudiants ont indiqué que l'environnement ressemblait à un cabinet médical ou une salle d'urgence. La compréhension de la catégorie associée est de 100% chez tous les étudiants.

##### 4.4.2 Environnement “famille”

La catégorie “famille” est représentée par la couleur verte. L'environnement créé reprend une ambiance familiale et chaleureuse et accueillante. Généralement la pièce où toute la famille se réunit est le salon qui est une grande pièce. Parmi les objets caractéristiques d'un environnement familial, nous trouvons des cadres de photos de membres de la famille. La taxonomie liée à la famille (figure 4.40) a permis la modélisation de l'environnement associé (figure 4.41).

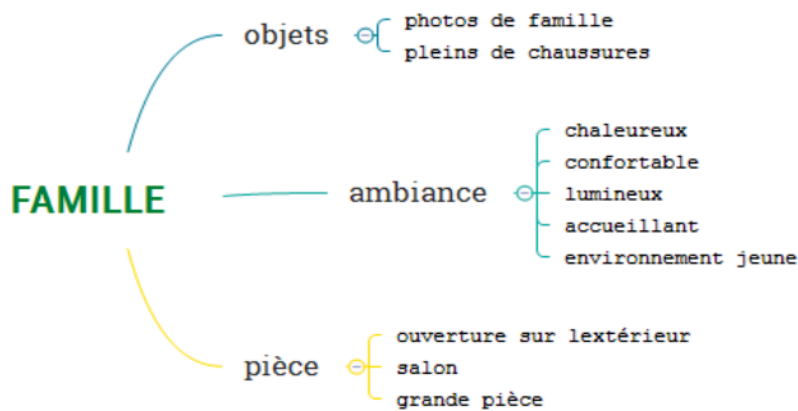


figure 4.40 Taxonomie de l'environnement famille

En montrant cet environnement aux étudiants, 47.4% mentionne qu'il s'agit d'un environnement familial, 26.3% pensent qu'il s'agit d'un environnement de loisirs, 15.8% pensent qu'il représente la coopérative, 7.9% disent qu'il représente la catégorie autre et 2.6% trouvent que cela représente autre chose qui n'a aucun rapport avec les 6 catégories.

#### 4.4. ENVIRONNEMENTS DE L'AGENT VIRTUEL



figure 4.41 Environnement famille

#### 4.4.3 Environnement “loisirs”

La catégorie “loisirs” est représentée par la couleur bleue. La modélisation de cet environnement s’est basée sur une aire de jeux tels que le base-ball poche et les fléchettes. La taxonomie créée (figure 4.42) a permis de construire l’environnement “loisirs” (figure 4.43).

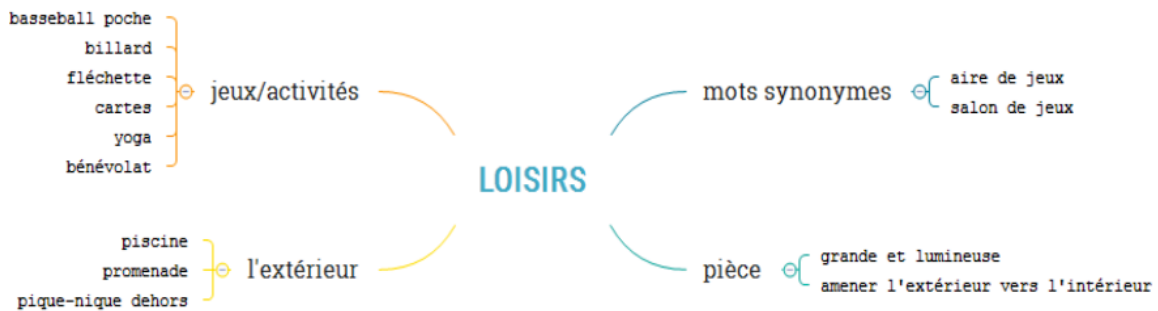


figure 4.42 Taxonomie de l’environnement loisirs

#### 4.4. ENVIRONNEMENTS DE L'AGENT VIRTUEL



figure 4.43 Environnement loisirs

Le test de compréhension de cet environnement (figure 4.51) auprès des étudiants a montré que 51.3% trouvent qu'il reflète bien la catégorie loisirs, 20.5% pensent qu'il se rapporte plus à la catégorie coopérative, tandis que 10.3% aperçoivent des éléments caractéristiques à la catégorie famille, 5.1% pour la catégorie autres et 12.8% ont évoqué des thèmes différents aux 6 catégories des rendez-vous.

##### 4.4.4 Environnement "fêtes"

La couleur associée à l'environnement fête est la couleur mauve. La taxonomie (figure 4.44) construite pour cet environnement associe des éléments festifs tels que des ballons, des confettis et des boissons. Ceci a permis donc de modéliser l'environnement représenté dans la figure 4.45.

La validation de cet environnement auprès des étudiants a donné 66.7% des participants qui ont tout de suite pensé à des thèmes relatifs à la catégorie fête, 16.7% ont évoqué des thèmes relatifs à la catégorie famille, 5.6% ont pensé à des thèmes liés à la catégorie loisirs, 5.6% ont évoqué des thèmes liés à la catégorie médicale en pensant qu'il s'agit d'un cabinet médical pédiatrie et les 5.6% restants ont suggéré des thèmes qui ne se rapportent à aucune des 6 catégories.

#### 4.4. ENVIRONNEMENTS DE L'AGENT VIRTUEL



figure 4.44 Taxonomie de l'environnement fêtes



figure 4.45 Environnement fêtes

#### 4.4.5 Environnement “coopérative”

Les participants québécois vivent dans une coopérative, pour cela la catégorie “résidence” est renommée en “coopérative” pour éviter les confusions. L’environnement “coopérative” reste difficile à modéliser, car il se rapproche de l’environnement “famille”.

La couleur associée à la catégorie “coopérative” est la couleur beige. La taxonomie construite (figure 4.46) a permis d’identifier les éléments qui caractérisent cet

#### 4.4. ENVIRONNEMENTS DE L'AGENT VIRTUEL

environnement. La figure 4.47 est la modélisation de cet environnement.

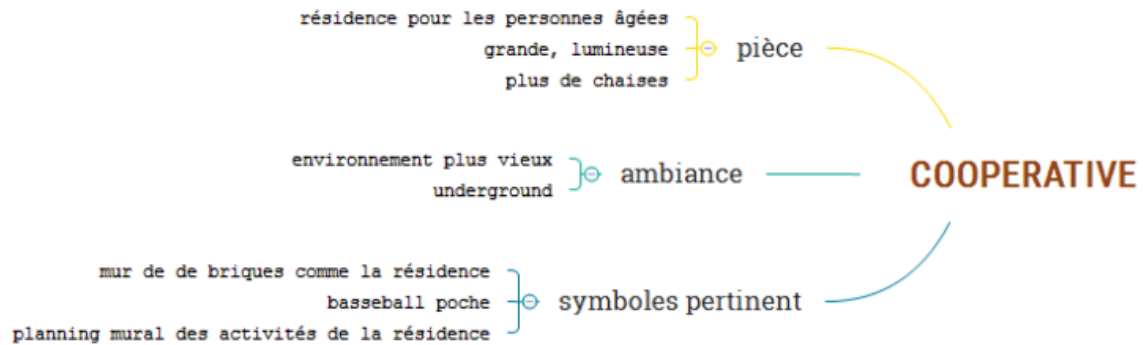


figure 4.46 Taxonomie de l'environnement coopérative



figure 4.47 Environnement coopérative

Selon les résultats de reconnaissance de cet environnement par les étudiants, 42.9% ont pu évoquer des thèmes qui se rapprochent de la catégorie coopérative, 21.4% ont évoqué des thèmes qui ne sont liés à aucune des 6 catégories, 14.3% ont dit que l'environnement reflète des éléments liés à la catégorie loisirs, 14.3% ont évoqué des thèmes liés à la catégorie autres et 7.1% ont fait référence à la catégorie famille.



#### 4.4. ENVIRONNEMENTS DE L'AGENT VIRTUEL

##### 4.4.6 Environnement “autres”

L'environnement “autres” est un environnement générique qui doit être neutre et qui ne doit refléter aucune des autres catégories. La couleur associée à cette catégorie est le jaune. La taxonomie construite (figure 4.48) modélise une pièce vide qui est assez calme et aéré et qui ne contient rien de spécifique. La modélisation nous a permis d'obtenir l'environnement qui se trouve à la figure 4.49.

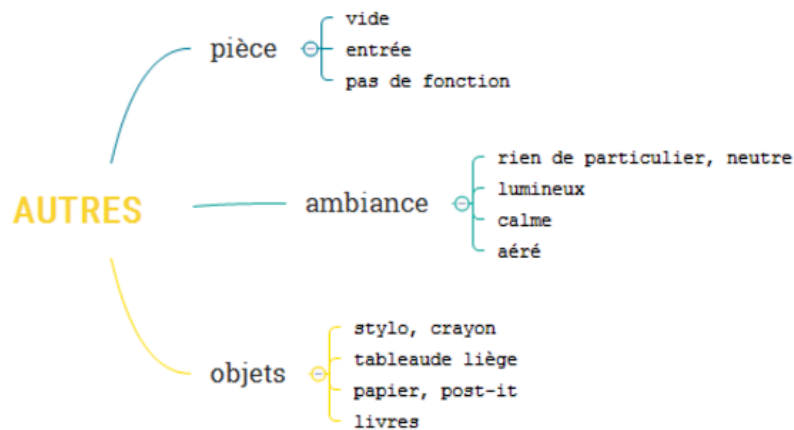


figure 4.48 Taxonomie de l'environnement autres



figure 4.49 Environnement autres

#### 4.4. ENVIRONNEMENTS DE L'AGENT VIRTUEL

Cet environnement n'a pas pu être évalué, étant donné qu'il n'a rien qui le caractérise spécifiquement.

##### 4.4.7 Conclusion des résultats de la conception des environnements

Les résultats de la conception des environnements pour l'agent virtuel, nous montrent que les environnements conçus reflètent assez bien leurs catégories respectives et permettent de comprendre facilement le contexte général. Le résumé des résultats de compréhension de chaque environnement est représenté dans les figures 4.50, 4.51, 4.52 et 4.53.

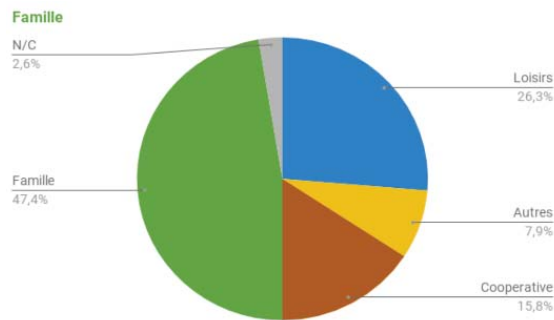


figure 4.50 Résultats environnement famille

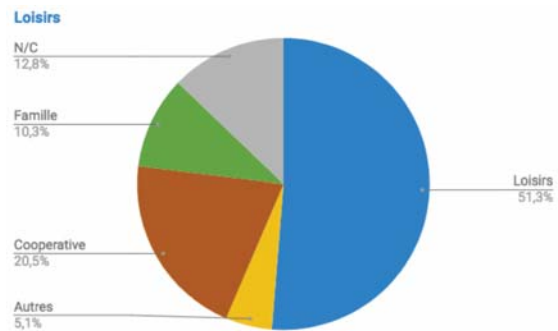


figure 4.51 Résultats environnement loisirs

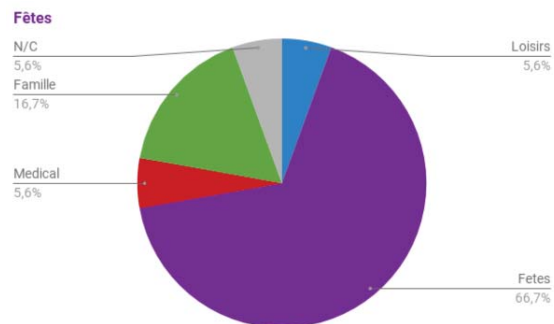


figure 4.52 Résultats environnement fêtes

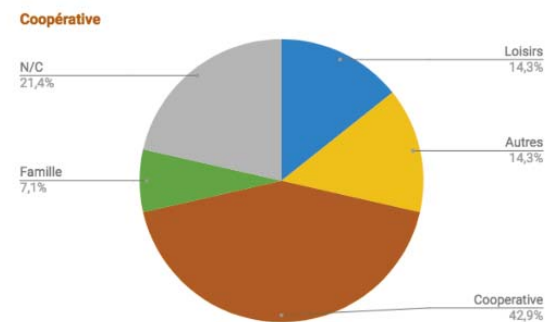


figure 4.53 Résultats environnement coopérative



# Chapitre 5

## Analyse et interprétation

Dans ce chapitre, nous analysons les résultats obtenus par la modélisation des émotions, leur intégration dans l'agent virtuel sur le calendrier Amelis et les expérimentations qui ont eu lieu auprès des personnes âgées. Cette analyse est basée sur un échantillon restreint de personnes âgées autonomes qui vivent dans une résidence pour personnes autonomes, au Québec dans une coopérative d'habitation et en France dans un foyer multi-générationnel. Le nombre de participants pour chaque expérimentation est le suivant :

**tableau 5.1** Nombre de participants au projet

<b>Expérimentations</b>	<b>Québec</b>	<b>France</b>
Atelier de prototypage 1 - conception graphique	14	14
Atelier de prototypage 2 - conception des modalités d'interaction	18	16
Atelier de prototypage 3 - conception de l'agent virtuel	14	8
Expérimentation des modalités d'interaction	4	-
Expérimentation du module émotionnel	4	-

Étant donné le nombre de participants, les analyses sont davantage de nature exploratoires. Les résultats obtenus sont analysés et discutés en fonction des objectifs et des hypothèses présentés au chapitre 2. Les objectifs sont classifiés en 3 catégories : (1) conception et modélisation, (2) interaction et (3) émotions.

### 5.1 Objectifs : Conception et modélisation

La catégorie “Conception et modélisation” regroupe 2 objectifs qui traitent de la conception selon deux aspects différents, l’un porte sur le calendrier et l’autre sur l’agent virtuel.

#### 5.1.1 O2 : Concevoir un calendrier adapté aux besoins et aux attentes des personnes âgées

La conception graphique du calendrier Amelis est réalisée durant les ateliers de prototypage d’une façon structurée. En premier lieu, et avec la participation des aînés au Québec et en France, nous avons cerné l’utilité d’un calendrier pour les personnes âgées et la nécessité de disposer d’un outil électronique facilitant l’organisation des événements de la vie quotidienne. Ceci est non seulement basé sur le résultat d’une recherche précédente du calendrier AMELIS (Alzheimer MÉmoire et LIens Sociaux) [108] adapté pour les personnes avec Alzheimer, mais aussi lors des entretiens réalisés avec des personnes âgées pour comprendre les moyens et les techniques développés pour l’organisation des activités de la vie quotidienne. En deuxième lieu, la conception du calendrier s’est faite en 3 ateliers de prototypage distincts organisés au Québec et en France :

- Atelier de prototypage 1 : Conception de l’interface graphique.
- Atelier de prototypage 2 : Conception des modalités d’interaction.
- Atelier de prototypage 3 : Conception de l’agent virtuel.

Deux hypothèses sont liées à cet objectif, pour la première hypothèse :

**Hypothèse 2.1 :** Les personnes âgées expriment le besoin d’avoir un outil technologique pour s’organiser et mieux gérer les activités et les rappels.

Il existe un fort intérêt pour les outils technologiques permettant l’organisation de la vie quotidienne auprès des personnes âgées. Cet intérêt se voit non seulement au nombre de personnes qui ont participé aux ateliers de prototypages (tableau 5.1), mais aussi dans l’analyse des verbatims.

Le nombre de participants, au Québec, varie entre 14 et 18 participants durant

## 5.1. OBJECTIFS : CONCEPTION ET MODÉLISATION

les ateliers de prototypage (tableau 5.1), sachant que la résidence est composée de 54 logements, ceci représente 26% à 33% des résidents. Ce taux de participation, qui est sur une base volontaire, montre l'intérêt que portent les personnes âgées pour les outils technologiques et l'importance de l'organisation des activités de la vie quotidienne. Le taux de participation aux ateliers de prototypage au Québec est resté quasi-constant. En France, durant les deux premiers ateliers de prototypage le taux de participation a augmenté, par contre au dernier atelier de prototypage il y a eu une baisse de ce taux qui résulte de l'indisponibilité et du désintérêt des participants de la résidence. Les deux populations des personnes âgées, au Québec et en France, ne présentent pas les mêmes intérêts face aux outils technologiques pour l'organisation de la vie quotidienne.

La participation des aînés est totalement volontaire. L'intérêt que portent les personnes âgées à l'organisation de leurs activités a permis des échanges riches. Les activités de type médical, comme les rendez-vous chez le médecin ou bien les prises des médicaments, sont les plus préoccupantes pour les aînés et occupent une plus grande part dans le calendrier. De ce fait, le rappel automatique de ces activités est crucial. Selon l'analyse des verbatims, les aînés trouvent difficile de noter tous les détails d'un rendez-vous chez le médecin au moment de l'appel téléphonique. Outre ce problème, la méthode classique, exploitant un agenda papier ou un calendrier mural, n'offre pas de moyens de rappels intuitifs et efficaces. En plus, l'usage du calendrier mural est fait conjointement avec des post-it qui sont souvent égarés ou mal placés.

Un outil technologique permet de remédier à ces lacunes présentes dans les techniques classiques. La gestion des activités est une tâche importante dans le quotidien d'une personne âgée.

La deuxième hypothèse se rapporte à la modélisation du calendrier :

**Hypothèse 2.2 :** Un calendrier interactif augmenté et personnalisé est un outil divertissant tout en gardant sa fonction principale d'organisation temporelle.

En se référant aux deux premiers ateliers de prototypage (sections 4.1.1 et 4.1.2),

## 5.1. OBJECTIFS : CONCEPTION ET MODÉLISATION

nous constatons la conception d'un calendrier augmenté avec des fonctionnalités supplémentaires qui le rend riche et qui facilite la vie quotidienne. La fonctionnalité de base, l'organisation de la vie quotidienne, reste néanmoins très importante et les aînés souhaitent l'enrichir. Durant le premier atelier de prototypage, les aînés ont proposé une large panoplie de fonctionnalités pour faciliter leur quotidien. Ces fonctionnalités se rapportent principalement au milieu où elles vivent. Parmi ces fonctionnalités proposées, nous trouvons un composant permettant de réserver le lave-linge, qui est situé à certains étages de la résidence, d'éviter les déplacements pour vérifier si la machine est libre et surtout pour mieux planifier les journées par rapport aux autres activités. La deuxième fonctionnalité proposée par une grande majorité des participants, est l'accès au menu du restaurant de la résidence. Cette fonctionnalité, qui peut être rajoutée au calendrier, contribue à une meilleure gestion du temps et évite à la personne âgée le déplacement qui peut s'avérer décevant.

Un calendrier électronique possède des utilisations différentes qui se rapportent à toutes les activités qu'une personne fait durant sa journée. Le calendrier ne peut donc pas se limiter à la fonction de base, mais doit être un calendrier "connecté" à l'environnement.

L'interaction fait partie de la personnalisation du calendrier. Durant le deuxième atelier de prototypage, portant sur les modalités d'interaction, l'interaction vocale avec l'agent virtuel était une découverte pour les participants. Pour la majorité, cette interaction était vue comme étant la solution adéquate pour simplifier l'utilisation du calendrier. Par contre, l'interaction classique avec le clavier-souris ou bien l'interaction tactile ne sont pas à exclure. Ceci est dû au fait que les participants possèdent déjà un ordinateur et sont à l'aise avec l'utilisation du clavier et la souris, d'autres possèdent une tablette ou un téléphone intelligent et sont à l'aise avec le tactile.

## 5.1. OBJECTIFS : CONCEPTION ET MODÉLISATION

### 5.1.2 O3 : Modéliser un agent virtuel offrant une facilité d'interaction avec le calendrier

Cet objectif est lié à l'hypothèse suivante :

**Hypothèse 3.1 :** L'apparence et l'environnement de l'agent virtuel jouent un rôle important dans l'interaction.

L'apparence de l'agent virtuel joue un rôle important dans l'interaction. Cette étape de modélisation de l'agent virtuel a été réalisée en conception participative avec les personnes âgées (section 4.1.3). Les résultats obtenus de la personnalité (figure 4.21) de l'agent virtuel montrent que l'agent virtuel est perçu comme un proche ou comme un ami de confiance qui maîtrise la technologie. Selon les résultats, l'apparence de l'agent virtuel est importante (section 4.1.3). Le style vestimentaire préféré est le style décontracté. L'agent virtuel doit être jeune, à cela, les personnes âgées associe une plus grande maîtrise de la technologie.

Selon la figure 4.16, le nombre d'agents virtuels, ayant 25 ans, modélisés par les personnes âgées est 10 agents virtuels contre 2 agents virtuels ayant 45 ans et 3 ayant 65 ans. Ceci montre que les personnes âgées font plus confiance à un agent virtuel jeune quand il s'agit de manipuler un outil technologique.

Selon les résultats présentés à la section 4.4, l'environnement de l'agent virtuel est un moyen pour refléter un ensemble d'informations secondaires à l'utilisateur mais utiles, telles que la catégorie du rendez-vous, par exemple catégorie médicale qui est représentée par un environnement ressemblant à un cabinet médical (figure 4.39), ou bien la météo à l'extérieur, par exemple la pluie. La validation des environnements n'a été faite qu'en laboratoire avec des étudiants. L'interprétation des environnements conçus (section 4.4.7) montre que l'environnement médical (figure 4.39) est l'environnement le mieux compris et qui reflète bien la catégorie médicale des rendez-vous. Les éléments de l'environnement fêtes (figure 4.45) représentent assez bien la catégorie fête avec un taux de compréhension de 66%, par contre ces mêmes éléments poussent à croire qu'il s'agit de la catégorie famille (16.7%). L'environnement loi-

## 5.2. OBJECTIFS : INTERACTION

sirs (figure 4.43), même si dans la majorité des cas est bien interprété avec un taux de 51.3%, il reste proche de l'environnement coopérative, dans 20% des cas il est confondu avec l'environnement coopérative. Ceci est dû au rapprochement dans les caractéristiques des deux environnements, par exemple dans l'environnement loisirs nous trouvons des jeux tels que le base-ball poche qui est une activité organisée à la coopérative. L'environnement coopérative (figure 4.47), est bien interprété seulement dans 42.9% des cas. Cet environnement reste difficile à représenter et à y trouver des éléments spécifiques qui le caractérisent. L'environnement famille (figure 4.41) est compris à 47.4% des cas, par contre il est majoritairement confondu avec l'environnement loisirs à 26.3% des cas, ceci est dû aux éléments tels que les jeux qu'on retrouve dans l'environnement loisirs.

En se basant sur l'atelier de prototypage de l'agent virtuel, nous déduisons que l'apparence de l'agent virtuel crée une communication émotionnelle particulière entre l'agent virtuel et la personne âgée. Par contre, nous n'avons pas créé un agent virtuel personnalisé pour chaque participant.

L'hypothèse H3.1 liée à cet objectif nécessite la réalisation des expérimentations additionnelles permettant de varier l'environnement de l'agent virtuel et aussi de mesurer l'appréciation de différents agents virtuels ayant des apparences différentes.

## 5.2 Objectifs : Interaction

L'interaction est une composante importante dans chaque technologie et qui a une grande part dans l'appropriation et l'acceptabilité. Dans les sections 5.1.1 et 5.1.2 nous avons évoqué que l'agent virtuel était une découverte pour les participants aux ateliers de prototypage. L'objectif "Interaction" est dédié à l'évaluation de l'utilisation de ce nouveau moyen d'interaction.

## 5.2. OBJECTIFS : INTERACTION

### 5.2.1 O1 : Offrir un moyen d'interaction adapté à la personne âgée, facilitant l'appropriation de la technologie

Les moyens d'interaction ont fait l'objet de discussions du deuxième atelier de prototypage (section 4.1.2). Les interfaces d'interaction classiques qui exploitent le clavier et la souris représentent parfois un obstacle pour les personnes âgées. La charge cognitive nécessaire pour manipuler le clavier, la souris et contrôler l'affichage sur l'écran est grande et s'avère épuisante et contraignante. Les interfaces tactiles sont plus intuitives que l'ensemble clavier-souris-écran. Cette fusion de ces trois composants, sur l'écran de l'ordinateur, rend l'interaction plus facile car la personne regarde le même endroit qui est l'écran sans disperser son attention sur trois endroits, l'écran, le clavier ou la souris. Par contre, les interfaces tactiles peuvent devenir un obstacle aussi pour l'interaction. Les interfaces tactiles se basent, le plus souvent, sur la technologie capacitive. Cela suppose d'avoir un déficit de charge électrique sur la surface de l'interface pour reconnaître l'endroit où l'utilisateur a touché. Dans le cas où ce déficit n'est pas suffisant ou non-présent, l'interface tactile ne fonctionne pas correctement. Durant les expérimentations des modalités d'interaction (section 4.2), nous avons remarqué que, pour une participante (P3 qui a participé à l'expérimentation des moyens d'interaction, section 4.2.1), l'interface tactile a présenté des dysfonctionnements. Ceci peut être causé par plusieurs facteurs tels que la conductivité de la peau, qui est impactée par l'humidité de la peau ou la nature de la surface de contact. D'autre part, certains participants utilisent l'ongle de leur doigt à la place du bout du doigt. Nous pensons que la conductivité de la peau peut diminuer avec l'âge, surtout pour les personnes diabétiques, ce qui est le cas pour une des participantes. Ces personnes ont besoin de se piquer le doigt quotidiennement pour une analyse de glycémie ce qui rend la peau des doigts plus épaisse et devient un obstacle pour interagir avec les interfaces tactiles. Ceci reste néanmoins une hypothèse à vérifier. Nous avons fourni à tous les participants des stylets pour remédier au problème d'interaction avec les interfaces tactiles. L'utilisation du stylet n'était pas obligatoire et les participants avaient le choix de l'utiliser ou non. À la fin des expérimentations des moyens d'interaction, certains des participants ont trouvé que le stylet est très pratique et l'ont adopté durant les séances de formation (figure 2.5) organisées avant le déploiement du calen-

## 5.2. OBJECTIFS : INTERACTION

drier Amelis et aussi pendant l'expérimentation. Certains participants ont gardé ce moyen d'interaction pour interagir avec leurs tablettes ou leurs téléphones intelligents même après l'expérimentation.

Un autre problème lié aux interactions tactiles, recensé durant les ateliers de prototypage, consiste en la difficulté d'utiliser ces interfaces quand la personne âgée présente des problèmes de santé tels que des maladies motrices comme l'arthrose. Ce genre de problème rend l'utilisation des interfaces tactiles très difficile, et même impossible dans certains cas.

La première hypothèse de cet objectif est la suivante :

**Hypothèse 1.1 :** L'interaction se basant sur le vocal avec un agent virtuel est plus appréciée et plus intuitive que l'interaction tactile pour les personnes âgées.

L'interaction vocale dans le calendrier Amelis se fait soit :

- À double sens : Personne âgée  $\longleftrightarrow$  Agent virtuel. Dans ce cas, la personne âgée sollicite l'agent virtuel et un dialogue est initié entre les deux, par exemple lors de l'ajout d'un rendez-vous ;
- À sens unique : Agent virtuel  $\longrightarrow$  Personne âgée. Ce cas est typique lors des rappels des rendez-vous. L'agent virtuel s'active brièvement le temps d'annoncer le rappel et se désactive ensuite.

Nous déduisons des observations (section 4.2) faites durant les expérimentations avec l'agent virtuel que l'interaction vocale est appréciée. Par contre, certains aléas rendent cette interaction non-intuitive et l'interaction tactile devient plus efficace. Les aléas de l'interaction vocale ont rapport avec la reconnaissance vocale, en premier lieu. La reconnaissance vocale nécessite en premier lieu un bon processus de transcription de la voix de l'utilisateur. Il est impacté par un ensemble de facteurs, que ce soit la qualité du microphone, les bruits ambiants, le nombre de personnes présentes et qui discutent ainsi que l'accent. Ces facteurs ont une grande influence sur la qualité de l'interaction vocale. Le deuxième aléa est lié à l'interprétation du texte renvoyé par la reconnaissance vocale. La qualité de l'interprétation est dépendante de la qualité de la reconnaissance vocale. Le troisième aléa est lié au moment de l'activation



## 5.2. OBJECTIFS : INTERACTION

de la reconnaissance vocale, c'est-à-dire d'identifier l'instant idéal pour réactiver la reconnaissance vocale en évitant qu'elle ne capte le texte dit par la synthèse vocale de l'agent virtuel et donc éviter que l'agent virtuel s'écoute. La reconnaissance vocale s'arrête dès qu'il y a un moment de silence dans ce que dit l'utilisateur et se réactive tout juste après que la synthèse vocale ait fini. Ce fonctionnement impacte l'appréciation de l'interaction vocale. Par exemple, l'utilisateur souhaite rajouter un rendez-vous, mais la phrase donnée par l'utilisateur est parfois incomplète quand il réfléchit en même temps à ce qu'il doit dire à l'agent virtuel. Si le délai est trop long, la reconnaissance vocale pense que l'utilisateur a fini sa phrase et donc le processus d'interprétation commence et échoue étant donné qu'il manque des informations. Certains participants osaient répondre à l'agent virtuel par des phrases telles que *“ouvre tes oreilles et écoute moi”* et aussi *“je n'ai pas fini c'est pour ça que tu ne comprends pas”*. Nous remarquons que la cause principale de l'abandon de l'interaction vocale est liée à ces aléas décrits précédemment.

Le moment d'interagir avec l'agent virtuel est crucial. Nous avons précédemment vu que l'agent virtuel commençait parfois trop tôt son analyse sans laisser l'utilisateur finir sa phrase. De même, l'utilisateur peut parler trop rapidement sans attendre que l'agent virtuel termine sa phrase. Ils coupent la parole, en pensant que l'agent virtuel a entendu la réponse alors que ce n'est pas le cas.

Malgré ces aléas, nous observons chez les participants un comportement spontané envers l'agent virtuel, à travers la volonté d'instaurer un dialogue naturel en osant lui dire des phrases telles que mentionnées précédemment (*“ouvre tes oreilles et écoute moi”*). Mais aussi à travers l'interaction, par exemple en pointant une case du calendrier en même temps que de demander à l'agent virtuel *“quelles sont mes activités du ...”*.

Nous avons remarqué une réjouissance chez les participants quand l'interaction vocale avec l'agent virtuel se déroule bien. Les participants préfèrent faire appel à l'agent virtuel et interagir avec le vocal qu'utiliser le tactile. Ceci est remarqué durant les scénarii d'usage (section 4.2.2), pour les tâches à réaliser avec la modalité

## 5.2. OBJECTIFS : INTERACTION

d'interaction tactile, les participants ont tendance à activer l'agent virtuel en premier même si la consigne a été clairement énoncée.

Les imperfections de l'interaction vocale et qui sont liées à la mauvaise interprétation et les questions/réponses répétitives de l'agent virtuel, font en sorte que l'interaction vocale perd son aspect intrigant et sa valeur.

L'interaction vocale à sens unique (Agent virtuel  $\rightarrow$  Personne âgée), qui est présente uniquement lors de l'annonce des rappels des rendez-vous, est très appréciée par les participants. Le participant P1 (section 4.2.1) a branché des haut-parleurs sur la tablette pour pouvoir augmenter le niveau sonore des rappels. De là, nous constatons un autre rôle attribué à l'agent virtuel qui est un rôle qui se rapproche du rôle de l'assistant ou du majordome qui est présent pour rappeler les activités.

La deuxième hypothèse est :

**Hypothèse 1.2 :** Les deux modes d'interaction (tactile, agent virtuel) peuvent cohabiter. L'utilisation d'un mode d'interaction varie suivant plusieurs paramètres comme la complexité de la tâche à effectuer, le temps et l'aisance et l'habitude à utiliser le mode d'interaction.

L'interaction tactile est considérée comme étant le moyen de secours de l'interaction vocale quand cette dernière présente des dysfonctionnements. Nous avons remarqué que certains participants ont recours à l'interaction tactile quand ils ne savent pas quoi répondre à l'agent virtuel. Et nous avons aussi remarqué le cas inverse où le participant appelle l'agent virtuel parce qu'il ne sait pas comment faire une action en tactile. Ceci montre que les deux moyens d'interactions sont complémentaires et peuvent cohabiter ensemble.

Le grand défi à la cohabitation des deux modalités d'interaction consiste à réussir la synchronisation des deux et éviter les conflits. Par exemple, l'utilisateur peut donner une réponse vocalement, mais en tactile, il clique par accident sur un endroit qui contre-dit sa réponse (l'utilisateur donne vocalement la catégorie *médicale* pour son

## 5.2. OBJECTIFS : INTERACTION

rendez-vous, mais il clique sur la catégorie famille). Pour ce genre de cas, nous privilégions l'ordre de réception des actions, donc le clic sera prioritaire s'il est survenu après l'interprétation de ce que l'utilisateur a dit. Un autre cas de synchronisation qui se rapporte à ne pas répondre à la question de l'agent virtuel, par exemple la date du rendez-vous, et de saisir une autre information telle que le titre du rendez-vous en tactile. Pour cela, la synchronisation des deux modalités prend en considération le fait que le titre soit déjà saisi par l'utilisateur et donc l'agent virtuel ne demandera pas à l'utilisateur cette information.

Les deux modalités d'interaction cohabitent ensemble. La synchronisation de ces modalités reste le côté le plus délicat pour éviter les conflits.

### 5.2.2 O5 : Évaluer la place que l'agent virtuel occupe dans le calendrier durant l'interaction

L'hypothèse liée à cet objectif est :

**Hypothèse 5.1** : L'agent virtuel attire l'attention de l'utilisateur durant l'interaction.

L'agent virtuel occupe seulement 12% (21% avec la discussion) de la superficie du calendrier (tableau 4.17), pourtant les participants passent beaucoup de temps à le regarder. Selon les figures 4.32, 4.33, 4.34, 4.35, 4.36 et 4.37 nous remarquons que bien que la superficie occupée par l'agent virtuel est petite, les participants passent beaucoup de temps à le regarder. La région de l'agent virtuel (R6) arrive à la deuxième place des régions les plus regardées, après la région du calendrier.

Durant l'interaction avec l'agent virtuel, les participants vérifient rarement les informations comprises et saisies par l'agent virtuel dans la région R3-2 (figures 4.30 et 4.31). Une confiance est créée entre l'agent virtuel et l'utilisateur qui le pousse à croire que ce que l'agent virtuel a compris est bon et qu'il n'est pas nécessaire de faire des vérifications et potentiellement des corrections.

### 5.3. OBJECTIF : ÉMOTIONS

Les participants manifestent leur joie en activant l’agent virtuel et surtout de le regarder bouger. L’agent virtuel attire l’attention de l’utilisateur même s’il n’occupe pas une grande superficie de l’interface. De ce fait, cette hypothèse est validée en se basant sur les résultats de l’oculomètre.

Cette attirance envers l’agent virtuel pendant l’interaction montre qu’une interaction avec une entité “humaine” est plus agréable et naturelle que de se limiter à une interaction avec une interface classique. Les participants choisissent volontairement de regarder l’agent virtuel. Même si la région du calendrier est la région la plus regardée durant les interactions, ceci s’explique du fait qu’il s’agit d’une région placée au centre de l’écran, contrairement à l’agent virtuel qui est placé à gauche du calendrier.

En observant le paramètre “visites” dans le tableau 4.18 nous remarquons que la région de l’agent virtuel (R6) est la deuxième région la plus regardée après la région du calendrier (R2). Alors que la région des informations du rendez-vous (R3-2) est une région très peu regardée même si sa superficie est quasiment égale à celle de la superficie de la région de l’agent virtuel.

## 5.3 Objectif : Émotions

### 5.3.1 O4 : Implémenter un modèle émotionnel

La première hypothèse liée à cet objectif est :

**Hypothèse 4.1 :** L’agent virtuel peut rendre l’utilisateur, qui au préalable a peur de la technologie, plus confiant et plus à l’aise à utiliser la technologie.

L’interaction avec l’agent virtuel se rapproche plus d’une interaction naturelle. Selon Reeves [11], l’être humain se comporte avec la technologie comme si elle était un humain, si celle-ci possède les facultés communicatives de l’être humain. Ce comportement a été observé chez les participants durant l’interaction avec l’agent virtuel. Même si le participant savait qu’il parlait à une machine, il n’hésite pas à remercier

### 5.3. OBJECTIF : ÉMOTIONS

l’agent virtuel et à commander en employant des formules de politesse. Par contre dans les cas où l’agent virtuel ne comprend pas et demande de répéter, l’utilisateur perd patience (voir section 5.2.1).

Les retours des participants durant la conception des modalités d’interaction (atelier de prototypage 2, section 4.1.2) indiquent que l’agent virtuel est une nouvelle découverte pour les personnes âgées. Il est considéré comme étant un moyen permettant de faciliter l’accessibilité à la technologie. Certains participants avouent ne pas être à l’aise avec la technologie mais qu’avec l’agent virtuel il sera plus facile pour eux d’utiliser la technologie.

Les participants de la première expérimentation (section 2.6) ont trouvé des utilisations différentes non-prévues de l’agent virtuel. Le participant P1 a branché des hauts parleurs sur la tablette et a programmé le calendrier Amelis pour recevoir les rappels concernant le menu du restaurant de la résidence à travers l’agent virtuel. Selon ce participant, il est agréable de se faire rappeler le menu du restaurant par l’agent virtuel.

Durant l’expérimentation des moyens d’interaction (section 4.2), les participants posaient plusieurs sortes de questions à l’agent virtuel qui n’avaient aucun rapport avec le calendrier et auxquelles l’agent virtuel répondait avec une phrase manifestant son incompréhension. Ceci génère de la déception auprès des participants en disant *“il ne comprend pas ce que je lui dis”*.

La participante P4 (section 4.2.1) avait demandé, à la fin de l’expérimentation, à ce que l’agent virtuel propose aussi des jeux et que ses fonctionnalités soient étendues pour couvrir même l’aspect relationnel et social avec les voisins et la famille. Par exemple en demandant à l’agent virtuel de rappeler un voisin, qui au préalable possède le calendrier Amelis, d’une activité. Les participants voyaient l’agent virtuel comme un moyen de secours en disant : *“Moi si j’ai une chute et que je tombe, je ne peux pas atteindre le bouton de secours pour demander de l’aide, alors qu’avec l’avatar je peux l’appeler et lui demander d’aller chercher de l’aide pour moi.”*

### 5.3. OBJECTIF : ÉMOTIONS

Des retours des utilisations des participants, nous remarquons que l’agent virtuel émotionnel est considéré comme un compagnon pour tous les participants. Les émotions manifestées par les expressions faciales le dotent d’un caractère humain convivial. Le participant P2 (section 4.3.3) a énoncé durant l’expérimentation du module émotionnel : *“Pour moi c’est amusant de la voir bouger la face puis de voir qu’elle jongle, elle paraît comme si je lui avais bouché un trou et qu’elle ne sait plus quoi dire”*. Les applications sont diverses, les personnes âgées voient l’agent virtuel s’intégrer dans leurs habitats pour leur fournir une aide supplémentaire.

La peur de la technologie qui né de la peur de briser l’outil technologique, se dissipe avec la présence d’un agent virtuel. La personne âgée regagne de la confiance et pense que l’agent virtuel peut l’aider dans le cas où elle fait face à un obstacle. De l’atelier de conception des interactions (section 4.1.2) à l’expérimentation des moyens d’interaction (section 4.2), les participants ont toujours répété *“si je ne sais pas comment faire je le demanderai à l’avatar”*. À l’atelier de conception de l’agent virtuel (section 4.1.3), le choix d’un agent virtuel jeune montre que les personnes âgées associent la maîtrise de la technologie et l’aisance de manipuler un outil technologique à une personne jeune.

L’analyse des résultats obtenus montre qu’un agent virtuel émotionnel encourage l’utilisation et l’appropriation de la technologie et peut réduire l’isolement social qui est vécu par les personnes âgées. Un témoignage d’un participant : *“J’ai passé une heure à parler avec ma fille et à lui montrer l’avatar. Ça nous a donné un nouveau sujet de discussion”*.

La deuxième hypothèse liée à cet objectif est :

**Hypothèse 4.2 :** La dynamique émotionnelle de l’agent virtuel dépend des actions entreprises par l’utilisateur durant son interaction.

Nous avons implémenté un modèle émotionnel (figure 2.6) configuré avec une seule personnalité (figure 4.21) pour l’agent virtuel. Le modèle ne possède que deux buts

### 5.3. OBJECTIF : ÉMOTIONS

(tableau 3.1) qui sont (1) l'activation de l'agent virtuel et (2) l'ajout d'un rendez-vous au complet. Les résultats de l'expérimentation du modèle émotionnel (section 4.3.3) montrent que l'état émotionnel de l'agent virtuel n'est pas statique mais qu'il varie selon l'interaction.

Les tâches réalisées par les participants (tableau 4.15) durant l'expérimentation du modèle émotionnel (section 4.3.3) sont les mêmes pour tous. L'agent virtuel est aussi le même pour tous les participants. Cependant, la réaction émotionnelle de l'agent virtuel est différente et dépend des actions entreprises par l'utilisateur, figure 4.28. Le module émotionnel interprète chaque action comme étant un événement qu'il évalue par rapport au but, c'est-à-dire à quel point l'événement contribue à réaliser le but fixé. De cette évaluation une dynamique émotionnelle est créée qui fait intervenir le facteur temps. En observant les courbes dans la figure 4.28, les participants 2, 3 et 4 ont réalisé au complet la tâche J1T1, par contre la dynamique émotionnelle était différente pour chacun d'entre eux. Le facteur temps joue un rôle important dans la dissipation émotionnelle de l'agent virtuel dans ce même graphique. Chez le participant 2 et 4 dans la figure 4.28, nous remarquons deux grands espacements entre les moments 3 et 4 ainsi qu'entre les moments 4 et 5. Ces espacements reflètent l'absence d'interaction et montrent la dissipation émotionnelle au cours du temps. Par contre, chez le participant 3, dans la même figure 4.28, il existe un seul espacement qui se trouve entre les moments 2 et 3. En plus du facteur de dissipation, nous pouvons observer la dynamique émotionnelle quand il y a une succession d'événements qui se produit en un espace de temps court. Par exemple dans le graphique du participant 2, au moment 2, l'agent virtuel se trouvait avec un état émotionnel positif (la valeur de la composante P se trouve au-dessus de l'état neutre), mais au moment qui suit (moment 3), un pic vers le bas se produit ce qui montre qu'un événement déplaisant s'est produit qui est lié à l'incompréhension de l'agent virtuel de l'information donnée par l'utilisateur. Nous observons aussi cette dynamique dans le graphique du participant 3 avec les moments 3 et 4 qui sont une succession d'événements plaisants et qui sont suivis par un événement négatif (moment 5) qui est relatif à la désactivation de l'agent virtuel.

## 5.4. CONCLUSION

Dans la figure 4.29, nous remarquons la même dynamique émotionnelle pour les participants 2, 3 et 4 ceci est lié au fait que la tâche J2T3, qui consiste à supprimer un rendez-vous, ne figure pas dans la table des buts (tableau 3.1) de l'agent virtuel et de ce fait le module émotionnel considère cet événement comme étant neutre. Par contre, la courbe du participant 1 dans la figure 4.29 est différente parce que l'exécution de la tâche J2T3 a été précédée par une activation suivie d'une désactivation de l'agent virtuel. Étant donné que l'activation de l'agent virtuel figure parmi les buts de l'agent virtuel et que sa désactivation est considérée comme étant un événement déplaisant, ceci a provoqué des interférences et a engendré une courbe différente par rapport aux autres participants.

## 5.4 Conclusion

Des hypothèses présentées dans le chapitre 2, six hypothèses ont été validées et seulement une a été validée partiellement. Cette validation est supportée par les résultats empiriques issus des expérimentations. Ci-dessous un récapitulatif des validations des hypothèses regroupées par objectif.

### Objectifs de conception

---

**Hypothèse 2.1 :** Les personnes âgées expriment le besoin d'avoir un outil technologique pour s'organiser et mieux gérer les activités et les rappels.

⇒ **Validation :** La validation de cette hypothèse se base en premier lieu sur les résultats de la recherche précédente du calendrier AMELIS [108] et en deuxième lieu sur les rencontres effectuées avec les personnes âgées avant et durant les ateliers de prototypage. La validation se base sur les verbatims et les observations des outils à disposition des participants pour l'organisation des activités.

**Hypothèse 2.2 :** Un calendrier interactif augmenté et personnalisé est un outil divertissant tout en gardant sa fonction principale d'organisation temporelle.



## 5.4. CONCLUSION

⇒ **Validation** : Cette hypothèse est validée durant l’atelier de prototypage 1 qui concerne la conception de l’interface graphique du calendrier. En se basant sur les composants graphiques proposés par les participants ainsi que sur les verbatims, nous nous déduisons que le calendrier augmenté de fonctionnalités supplémentaires est souhaité.

**Hypothèse 3.1** : L’apparence et l’environnement de l’agent virtuel jouent un rôle important dans l’interaction.

⇒ **Validation** : Cette hypothèse est validée partiellement. En se basant sur les verbatims des ateliers de prototypage 2 et 3, qui concernent respectivement la conception des modalités d’interaction et la conception des caractéristiques de l’agent virtuel, les participants ont exprimé l’importance de l’apparence de l’agent virtuel. Ces résultats sont présentés dans la section 4.1.3. Le prototype d’Amelis intègre seulement un seul environnement et une seule apparence de l’agent virtuel. La sémantique liée à chaque environnement a été expérimenté en laboratoire avec des étudiants seulement (section 4.4). Des recherches futures peuvent expérimenter les effets de variation des environnements.

### Objectifs d’interaction

---

**Hypothèse 1.1** : L’interaction se basant sur le vocal avec un agent virtuel est plus appréciée et plus intuitive que l’interaction tactile pour les personnes âgées.

⇒ **Validation** : Cette hypothèse est validée en se basant sur les résultats de l’atelier de prototypage 2, qui concerne la conception des modalités d’interaction, ainsi qu’avec les résultats du questionnaire post-atelier (annexe A). Durant l’atelier de prototypage, les personnes âgées ont mentionné qu’une interaction vocale est plus intuitive. En se basant aussi sur des observations réalisées durant les expérimentations à domicile, les participants ont toujours le réflex d’activer l’agent virtuel en premier et à interagir en vocal.

## 5.4. CONCLUSION

**Hypothèse 1.2 :** Les deux modes d'interaction (tactile, agent virtuel) peuvent cohabiter. L'utilisation d'un mode d'interaction varie suivant plusieurs paramètres comme la complexité de la tâche à effectuer, le temps et l'aisance et l'habitude à utiliser le mode d'interaction.

⇒ **Validation :** Cette hypothèse est validée en se basant sur les observations réalisées durant la première expérimentation ont montré que les utilisateurs alternent entre les deux modalités d'interaction, tactile et agent virtuel. Cette alternance est effectuée selon la complexité de la tâche et les limites de la reconnaissance vocale de l'agent virtuel. Durant la deuxième expérimentation, nous avons pu expérimenter la cohabitation des deux modalités d'interaction. Les résultats obtenus sont empiriques et montrent que les deux modalités d'interaction peuvent cohabiter.

**Hypothèse 5.1 :** L'agent virtuel attire l'attention de l'utilisateur durant l'interaction.

⇒ **Validation :** Cette hypothèse est validée en se basant sur les données des enregistrements oculométriques. Les résultats présentés dans la section 4.3.3 montrent que durant l'interaction vocale, l'utilisateur est attiré par l'agent virtuel.

### Objectifs émotions

---

**Hypothèse 4.1 :** L'agent virtuel peut rendre l'utilisateur, qui au préalable a peur de la technologie, plus confiant et plus à l'aise à utiliser la technologie.

⇒ **Validation :** Cette hypothèse est validée en se basant sur les verbatims et les observations effectuées durant les ateliers de prototypages ainsi que durant les expérimentations à domicile. Les retours des participants ont montré que l'agent virtuel crée un sentiment d'aisance à utiliser la technologie.

**Hypothèse 4.2 :** La dynamique émotionnelle de l'agent virtuel dépend des actions entreprises par l'utilisateur durant son interaction.

⇒ **Validation :** Cette hypothèse est validée en se basant sur les enregistrements renvoyés par le module émotionnel durant l'interaction. Les valeurs de l'état émotionnel de l'agent virtuel sont enregistrées toutes les 200 millisecondes. Les résultats présentés dans la section 4.3.3 montrent que les courbes émotionnelles sont différentes et dépendent des actions entreprises par l'utilisateur.

# Conclusion

## 1 Contribution

L'évolution perpétuelle de la technologie et sa démocratisation font en sorte qu'aujourd'hui, il est difficile de vivre à l'écart des outils technologiques. D'un côté, la pyramide des âges, au Canada, est en train de s'inverser et d'engendrer un vieillissement démographique, de l'autre côté, les solutions technologiques ne sont pas adaptées à l'usage des personnes âgées. Ceci contribue à agrandir non seulement la fracture numérique, mais aussi pousse à l'isolement social où les personnes âgées ont le sentiment d'être dépassées par les nouvelles technologies.

Les modalités d'interaction représentent une des causes d'abandon de la technologie, du fait que le vieillissement s'accompagne d'un lot de troubles qui impactent l'interaction homme-machine. Par exemple, les troubles moteurs liés à l'arthrose rendent l'interaction douloureuse. Les troubles de mémoires n'aident pas à maîtriser un outil technologique et rallonge le temps nécessaire à la prise en main de l'outil.

Dans cette thèse, nous avons exploré la piste des agents virtuels pour faciliter l'accessibilité à la technologie. Nous avons proposé pour cela un calendrier interactif, appelé Amelis, qui est un outil de la vie quotidienne permettant l'organisation des activités. L'interaction avec ce calendrier se fait de deux manières :

- Interaction tactile : l'utilisateur utilise le tactile pour accéder aux fonctionnalités du calendrier.
- Interaction vocale : l'utilisateur interagit avec un agent virtuel émotionnel lui permettant de gérer les activités inscrites dans le calendrier.

## 1. CONTRIBUTION

L'agent virtuel est doté d'une expressivité avancée lui permettant d'avoir des émotions selon la nature de l'interaction avec l'utilisateur. Pour cela, nous avons implémenté un modèle émotionnel mettant en œuvre 3 composantes émotionnelles : (1) l'émotion générée suite à une interaction, (2) l'humeur qui représente le résidu émotionnel par rapport au temps et qui se dissipe graduellement et (3) la personnalité de l'agent virtuel qui représente son état neutre. Le module émotionnel que nous avons développé réagit aux actions effectuées par l'utilisateur. L'implémentation de ce module est basée sur un arbre comportemental que nous avons conçu. L'évaluation émotionnelle exploite 3 modèles psychologiques différents : (1) modèle OCEAN pour définir la personnalité, (2) modèle OCC pour définir les émotions et (3) le modèle PAD permettant de faire la liaison entre les deux modèles précédents. Nous avons utilisé le modèle FACS pour traduire l'évaluation émotionnelle en expressions faciales.

La conception est basée sur l'approche participative qui inclut l'utilisateur dans les différentes étapes de création de l'outil technologique. Ceci est fait à travers 3 ateliers de prototypages qui nous ont permis, premièrement de déterminer les besoins et les attentes des personnes âgées, en terme de fonctionnalités et d'interface, pour mieux gérer leurs activités, et deuxièmement, déterminer leurs besoins en regard des modalités d'interaction non-classiques. Finalement, les personnes âgées se sont exprimées sur la modélisation de l'environnement de l'agent virtuel et de ses caractéristiques physiques et émotionnelles.

Un premier prototype du calendrier Amelis a été développé. Ce prototype intègre l'interaction vocale via un agent virtuel inanimé. Il a été évalué à domicile sur une période de deux mois et demi par 4 personnes âgées. Les modalités d'interaction tactile et vocale et l'utilisation faite par les aînés de ces modalités ont montré que les aînés sont attirés par des interactions plus naturelles. Par contre, cette interaction reste limitée et très sensible aux éléments perturbateurs, tels que les bruits ambiants et l'incompréhension de ce que l'utilisateur dit.

Suite à la première expérimentation, un deuxième prototype du calendrier Amelis a été développé. À ce prototype, plusieurs améliorations ont été apportées au niveau

## 1. CONTRIBUTION

de l'interaction vocale et au dialogue. Nous avons intégré l'agent virtuel animé ainsi que le module émotionnel. Ce prototype a permis la réalisation de la deuxième expérimentation qui s'est déroulée sur une période d'une semaine avec 4 participants. Ceci nous a permis d'évaluer le modèle émotionnel de l'agent virtuel, son expressivité ainsi que son degré d'attirance et captation de l'attention de l'utilisateur.

En plus de ces deux expérimentations, nous avons réalisé des expérimentations en laboratoire avec des étudiants, afin d'évaluer les environnements de l'agent virtuel qui reflètent les différentes catégories (médicale, loisirs, famille, coopérative, fêtes, ou autre) d'un rendez-vous.

La conception technique d'Amelis se base sur le principe des micro-services offrant une meilleure évolutivité, une plus grande intégration et un déploiement plus facile sur toutes les plateformes.

Ces travaux ont fait l'objet de publications d'articles scientifiques. Le premier article publié dans *ACM - Digital Health* et intitulé *Emotional Virtual Agent to Improve Ageing in Place with Technology* [130] présente les deux premiers ateliers de prototypages qui concerne le prototypage du calendrier et le prototypage des modalités d'interaction. Le deuxième article publié au *Workshop sur les "Affects, Compagnons Artificiels et Interactions" - WACAI* en 2016 et intitulé *Amelis : concevoir un agent virtuel expressif intégré à un calendrier interactif pour des aînés* présente les analyses préliminaires des caractéristiques physiques et émotionnelles de l'agent virtuel [107].

Le projet Amelis a participé à plusieurs compétitions et a été finaliste et a gagné un prix :

- Amelis finaliste au concours *OCTAS 2018* catégorie relève étudiante.
- *Amelis : intégration d'un agent virtuel pour faciliter l'interaction avec un calendrier interactif* prix du défi Communication et accessibilité numérique au *Challenge Handicap & Technologies 2017 - CHT* à Paris.

# 2 Critique du travail

Dans ce travail de recherche, un agent virtuel émotionnel a été intégré dans une application utile pour les personnes âgées, dans un calendrier interactif. Le modèle émotionnel de l'agent virtuel module l'expressivité de l'agent virtuel. Le dialogue implémenté garantit une interaction qui se rapproche d'une interaction naturelle. Durant les ateliers de prototypage, les personnes âgées ont exprimé le souhait de posséder un outil intégrant un agent virtuel. Bien que seulement 7 personnes âgées aient pu expérimenter Amelis chez elles, les résultats obtenus montrent que la voie des agents virtuels pour assister les personnes âgées est une voie prometteuse pour outrepasser les difficultés liées à l'accessibilité à la technologie et les troubles d'interaction contraignants.

Cette étude se concentre sur les émotions générées par l'agent virtuel. Or une communication implique un échange bidirectionnel. Dans l'implémentation courante de Amelis, l'agent virtuel n'est pas capable de percevoir les expressions faciales de l'utilisateur et d'en déduire ce qu'il ressent. Ceci nécessiterait la mise en place d'un mécanisme de reconnaissance faciale à l'aide d'une caméra et un système de reconnaissance d'émotions. Cette reconnaissance ajouterait une information supplémentaire sur l'environnement et permettrait de moduler le comportement de l'agent virtuel en conséquence.

Au niveau du module émotionnel, une seule personnalité est mise en place. Or, la personnalité de l'agent virtuel ne peut pas être compatible avec la personnalité désirée par tous les utilisateurs, comme l'a démontré les ateliers de conception. Il peut être envisagé de varier la personnalité de l'agent virtuel pour qu'elle devienne compatible avec celle de l'utilisateur en exploitant des tests de personnalité tels que MBTI [64, 65], et intégrant cette personnalité au modèle de la personnalité OCEAN qui a été modélisé dans cette thèse.

L'expressivité de l'agent virtuel ne se fait qu'avec les expressions faciales, ce qui ne couvre qu'une partie restreinte des émotions. Par exemple, l'émotion de l'amour

### 3. PERSPECTIVES

ne peut pas être associée à une expression faciale.

Concernant le dialogue, le corpus de réponses et des questions de l'agent virtuel n'évolue pas. Ceci mène à l'accoutumance et la perte de l'intérêt envers l'agent virtuel. Il serait possible d'augmenter le dialogue de l'agent virtuel avec plus de variétés et de formulations pour les questions et les réponses.

## 3 Perspectives

Ce travail de recherche réalisé est un travail d'exploration. La piste des agents virtuels émotionnels pour aider les personnes âgées nécessite d'être validée à une plus grande échelle.

La solution proposée dans ce travail représente les prémices pour le développement des solutions adaptées pour les personnes âgées et qui se basent sur une interaction avec un agent virtuel émotionnel. L'expressivité peut être développée pour exploiter différents éléments tels que les mouvements du corps et les variations des caractéristiques vocales comme l'intonation et la vitesse de la voix. Il serait intéressant aussi d'explorer l'impact d'un environnement dynamique dans lequel évolue l'agent virtuel. Un agent virtuel qui manipulait des objets tels que des clefs ou un parapluie, agirait comme rappels implicites liés aux rendez-vous. Ainsi, un parapluie peut implicitement dire qu'il pleut dehors et qu'il ne faut pas oublier se couvrir en sortant.

Concernant la personnalité de l'agent virtuel, nous n'en avons développé qu'une seule qui a été intégrée à l'agent virtuel. Toutefois, le mécanisme est en place pour varier la personnalité de l'agent virtuel. À l'installation d'Amelis, il serait possible que l'agent virtuel pose un ensemble de questions à l'utilisateur pour définir la personnalité la mieux adaptée et celle qui concorde le mieux avec l'utilisateur.

## **Annexe A**

### **Questionnaire Post-Atelier 2**



<p>PROJET AMELIS Questionnaire suite à l'atelier sur les interactions</p>
---

Vous avez accepté de participer à un atelier sur les façons d'interagir avec un calendrier électronique et nous vous en remercions car cela représente un intérêt fondamental pour l'évolution du projet AMELIS. Afin de prolonger les réflexions engagées collectivement sur ce thème, nous vous invitons à répondre anonymement à quelques questions supplémentaires. Nous nous rendrons à la résidence le vendredi 3 juillet 2015 afin de recueillir les questionnaires complétés.

Nous vous sommes reconnaissants de nous faire bénéficier de vos avis et votre temps pour cette étude menée par Hélène Pigot, Wathek Loued et Amandine Porcher de l'Université de Sherbrooke. Pour toute question, n'hésitez pas à nous contacter :

- Wathek Loued : 819-821-8000 P63825
- ou Hélène Pigot : 819-821-8000 P63078

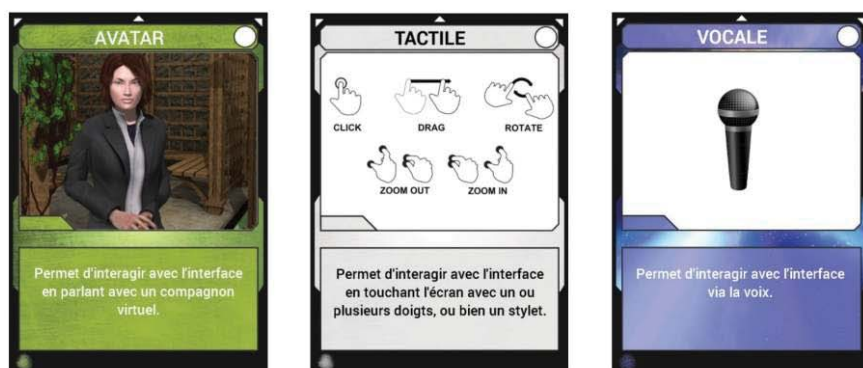
L'équipe,

Hélène, Wathek et Amandine

## Première partie : Les façons d'interagir avec le calendrier électronique

« Interagir avec le calendrier électronique » signifie effectuer des actions sur le calendrier, comme par exemple : consulter une fête, sélectionner une musique, modifier un rendez-vous...

Nous vous avons présenté trois manières d'interagir avec le calendrier électronique :



### 1. Questions générales

#### 1.1. Pendant l'atelier, j'ai découvert :

- |  |     |     |
|--|-----|-----|
| - Les interactions avec les avatars, aussi appelés « compagnons virtuels » | OUI | NON |
| - Les interactions tactiles avec les doigts                                | OUI | NON |
| - Les interactions tactiles avec les stylets                               | OUI | NON |
| - Les interactions vocales   | OUI | NON |
| - D'autres façons d'interagir que les trois interactions précédentes ?     | OUI | NON |
| Si oui, laquelle ou lesquelles ?   |     |     |

#### 1.2. J'ai déjà :

- |   |     |     |
|---|-----|-----|
| - Utilisé une technologie en dialoguant avec un compagnon virtuel                           | OUI | NON |
| - Interagit avec une technologie tactile, en utilisant mes doigts pour réaliser des actions | OUI | NON |
| - Utilisé un stylet sur un écran  | OUI | NON |
| - Parlé pour utiliser une technologie à l'aide de ma voix                                   | OUI | NON |

**2. Maintenant, donnez-nous votre avis sur chaque façon d'interagir avec le calendrier :**



1. Le personnage est esthétique.

1 2 3 4 5 6 7  
Pas du tout d'accord Tout-à-fait d'accord

2. Je pense qu'il est facile d'apprendre à utiliser un avatar.

1 2 3 4 5 6 7  
Pas du tout d'accord Tout-à-fait d'accord

3. J'utiliserai facilement l'avatar pour réaliser des actions sur mon calendrier électronique.

1 2 3 4 5 6 7  
Pas du tout d'accord Tout-à-fait d'accord

4. Je pense que je trouverai plaisant d'interagir avec un avatar.

1 2 3 4 5 6 7  
Pas du tout d'accord Tout-à-fait d'accord

5. A mon avis, l'avatar est une façon efficace de réaliser des actions sur un calendrier électronique.

1 2 3 4 5 6 7  
Pas du tout d'accord Tout-à-fait d'accord

6. Selon vous, pour quelles actions l'avatar serait particulièrement adapté ?

7. Globalement, que pensez-vous de cette façon d'interagir avec un calendrier ?



1. Je n'aurais pas de difficulté à apprendre à utiliser cette modalité d'interaction.

1 2 3 4 5 6 7  
*Pas du tout d'accord* *Tout-à-fait d'accord*

2. L'utilisation d'un stylet est facile.

1 2 3 4 5 6 7  
*Pas du tout d'accord* *Tout-à-fait d'accord*

3. Il me serait facile de réaliser les actions présentées sur la carte « tactile » (cliquer, glisser, tourner, zoomer et dézoomer avec les doigts).

- Cliquer

1 2 3 4 5 6 7  
*Pas du tout d'accord* *Tout-à-fait d'accord*

- Glisser

1 2 3 4 5 6 7  
*Pas du tout d'accord* *Tout-à-fait d'accord*

- Tourner

1 2 3 4 5 6 7  
*Pas du tout d'accord* *Tout-à-fait d'accord*

- Zoomer et Dézoomer

1 2 3 4 5 6 7  
*Pas du tout d'accord* *Tout-à-fait d'accord*

4. Je pense que l'interaction tactile est agréable et plaisante.

1 2 3 4 5 6 7  
*Pas du tout d'accord* *Tout-à-fait d'accord*

5. Je réaliserai efficacement mes actions grâce à une interaction tactile.

1 2 3 4 5 6 7  
*Pas du tout d'accord* *Tout-à-fait d'accord*

6. Quelles sont, selon vous, les actions qui se prêtent le mieux à une interaction tactile ?

7. Quel est votre avis général sur l'interaction tactile ?



1. J'apprendrais facilement à interagir grâce à ma voix.  

1234567

*Pas du tout d'accord**Tout-à-fait d'accord*
2. Je pense qu'il est facile d'interagir grâce à ma voix.  

1234567

*Pas du tout d'accord**Tout-à-fait d'accord*
3. Cette modalité d'interaction sera agréable.  

1234567

*Pas du tout d'accord**Tout-à-fait d'accord*
4. L'interaction vocale est efficace.  

1234567

*Pas du tout d'accord**Tout-à-fait d'accord*
5. D'une manière générale, que pensez-vous d'une interaction vocale avec un calendrier électronique ?

6. Pour quelles actions est-ce que le vocal serait un mode d'interaction particulièrement adapté ?

Deuxième partie : Vos commentaires sur les écrans

Nous vous avons présenté trois écrans et aimerions avoir votre avis la présentation et les informations contenue sur deux d'entre eux.

Voici le premier écran :



1. L'aspect général de cet écran est attrayant.

1 2 3 4 5 6 7  
Pas du tout d'accord Tout-à-fait d'accord

2. La mise en forme des éléments sur l'écran me paraît logique.

1 2 3 4 5 6 7  
Pas du tout d'accord Tout-à-fait d'accord

3. Le calendrier AMELIS prévoit des fonctionnalités dont j'ai besoin.

1 2 3 4 5 6 7  
Pas du tout d'accord Tout-à-fait d'accord

4. Il y a trop d'information sur l'écran.

1 2 3 4 5 6 7  
Pas du tout d'accord Tout-à-fait d'accord

5. La taille des textes et des images permet une lecture facile des informations.

1 2 3 4 5 6 7  
*Pas du tout d'accord* *Tout-à-fait d'accord*

6. Je pense qu'il serait facile pour moi d'utiliser un tel calendrier.

1 2 3 4 5 6 7  
*Pas du tout d'accord* *Tout-à-fait d'accord*





7. Les couleurs choisies rendent l'information lisible.

1 2 3 4 5 6 7  
*Pas du tout d'accord* *Tout-à-fait d'accord*

8. A. Je comprends le sens des images et logos utilisés pour chaque bouton.

1 2 3 4 5 6 7  
*Pas du tout d'accord* *Tout-à-fait d'accord*

B. Dans la première colonne, dites quelle est la signification de chaque bouton selon vous ? Dans la seconde colonne, faites nous part de vos suggestions d'amélioration.

Image actuelle	Ce bouton sert à ...	Si je devais suggérer d'utiliser une autre image pour cette même fonction, ce serait...
		
		
		
		



9. Quelles seraient vos suggestions d'amélioration ou de modification ?

10. Vos commentaires ou remarques supplémentaires nous seront utiles :

Voici le second écran :



1. D'une manière générale, je trouve cet écran agréable à regarder.

1 2 3 4 5 6 7  
Pas du tout d'accord Tout-à-fait d'accord

2. Les éléments présentés sont bien organisés.

1 2 3 4 5 6 7  
Pas du tout d'accord Tout-à-fait d'accord

3. Les fonctionnalités proposées me serviraient au quotidien.

1 2 3 4 5 6 7  
Pas du tout d'accord Tout-à-fait d'accord

4. Il y a une trop grande quantité d'information.

1 2 3 4 5 6 7  
Pas du tout d'accord Tout-à-fait d'accord

5. Je parviens à lire facilement les textes et images.

1 2 3 4 5 6 7  
Pas du tout d'accord Tout-à-fait d'accord

6. J'imagine utiliser facilement les fonctionnalités de cet écran.

1 2 3 4 5 6 7  
*Pas du tout d'accord* *Tout-à-fait d'accord*





7. Les couleurs choisies rendent l'information lisible.

1 2 3 4 5 6 7  
*Pas du tout d'accord* *Tout-à-fait d'accord*

8. A. Je comprends le sens des images et logos utilisés pour chaque bouton rond positionnés en bas à droite de l'écran.

1 2 3 4 5 6 7  
*Pas du tout d'accord* *Tout-à-fait d'accord*

B. Dans la première colonne, dites quelle est la signification de chaque bouton selon vous ? Dans la seconde colonne, faites nous part de vos suggestions d'amélioration.

Image actuelle	Ce bouton sert à ...	Si je devais suggérer d'utiliser une autre image pour cette même fonction, ce serait...
		
		
		
		

		
---	--	--









9. Quelles seraient vos suggestions d'amélioration ou de modification ?





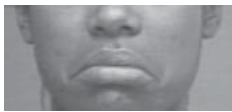


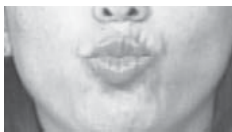

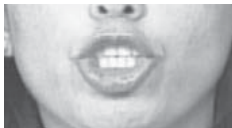
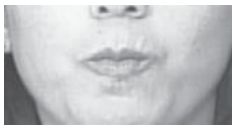
10. Vos commentaires ou remarques supplémentaires nous seront utiles :

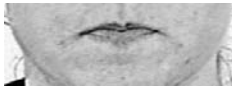
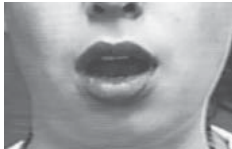
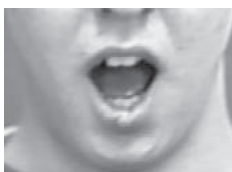
Le questionnaire est terminé.  
Un grand merci pour votre participation !

## Annexe B

### FACS Action Units

AU	Description	Example
AU 1	Inner Brow Raiser	
AU 2	Outer Brow Raiser	
AU 4	Brow Lowerer	
AU 5	Upper Lid Raiser	
AU 6	Cheek Raise	
AU 7	Lids Tight	
AU 9	Nose Wrinkler	
AU 10	Upper Lip Raise	

AU 11	Nasolabial Deepner	
AU 12	Lip Corner Pull	
AU 13	Cheek Puff	
AU 14	Dimpler	
AU 15	Lip Corner Depressor	
AU 16	Lower Lip Depressor	
AU 17	Chin Raise	
AU 18	Lip Pucker	
AU 20	Lip Stretch	
AU 22	Lip Funnler	
AU 23	Lips Tightener	

AU 24	Lips Pressor	
AU 26	Jaw Drop	
AU 27	Mouth Stretch	
AU 38	Nostril Dilatator	
AU 39	Nostril Compressor	
AU 43	Eyes Closed	

Il est possible de combiner plusieurs AUs pour décrire les émotions[40] le tableau B.2 montre des exemples.

**tableau B.2** Relation entre les AUs et les émotions

Émotion	Action Units
Joie	6 + 12
Tristesse	1 + 4 + 15
Surprise	1 + 2 + 5 + 26
Peur	1 + 2 + 4 + 5 + 20 + 26
Colère	4 + 5 + 7 + 23
Dégoût	9 + 15 + 16
Mépris	12 + 14

# Annexe C

## Scénarii d’usage

### 3.1 Consigne générale

L’objectif de ce travail est d’étudier le calendrier interactif Amelis sur tablette électronique.

Nous allons vous demander de réaliser quatre scénarii où vous serez amenés à utiliser ce calendrier. Vous utiliserez pour cela la tablette mise à votre disposition par les expérimentateurs. Sur cette tablette, Amelis est déjà installé et fonctionne.

Chaque scénario nécessite de réaliser une tâche. L’objectif à atteindre est toujours précisé. Nous allons donc commencer par vous lire à haute voix le scénario 1, et vous disposerez également d’un document sur lequel ce scénario sera dactylographié. Vous aurez la possibilité de le relire et/ou de nous demander des précisions. C’est seulement à l’issue de ce scénario 1 que nous vous présenterons le 2, et ainsi de suite.

Au cours de la réalisation des scénarii, nous vous demandons d’exprimer à haute voix toutes vos pensées, vos remarques, et les démarches que vous faites mentalement. Vous "penserez tout haut". Ainsi, vous exprimerez :

- Les difficultés, interrogations, satisfactions, problèmes de compréhension, étonnements, soit vos avis qu’ils soient positifs ou négatifs,
- ce que vous êtes entrain de faire et ce que vous vous apprêtez à faire,
- si les résultats produits par vos actions sont conformes à vos attentes.

Nous n’interviendrons pas pendant le déroulement des scénarii (nous nous permettrons toutefois de vous rappeler de "penser à voix haute"). L’objectif est que vous



### 3.2. CONSIGNES SCENARII D'USAGE PRÉ-DÉPLOIEMENT

utilisez Amelis "comme si" nous n'étions pas là. Nous vous laisserons donc naviguer à votre rythme et ce sera à vous de nous indiquer quand vous pensez avoir atteint l'objectif fixé.

Vous disposez du temps que vous souhaitez. Sachez aussi qu'il ne s'agit pas de tester ni d'évaluer la réussite ou l'échec pour les différents scénarii. Ce qui nous intéresse c'est comment vous procéderez pour les réaliser.

Si vous n'avez pas de question, nous pouvons commencer.

## 3.2 Consignes scenarii d'usage pré-déploiement

### 3.2.1 Scénario 1 (Agent virtuel)

Vous organisez une entrevue avec Léopold le lundi 5 septembre à 16 heures, à votre domicile. Avec l'avatar, vous devez ajouter cette activité à votre calendrier. Le test prendra fin quand le rendez-vous apparaîtra dans le calendrier.

### 3.2.2 Scénario 2 (Agent virtuel)

Vous vous demandez quelles sont les fêtes du mois prochain. Avec l'avatar, vous devez consulter la liste des fêtes du mois d'août 2016. Le test prendra fin quand la liste de l'ensemble des fêtes du mois d'août sera affichée à l'écran.

### 3.2.3 Scénario 3 (Tactile)

Il faut modifier la date d'un rendez-vous médical dont le titre est "visite – mise à jour ordonnance". Ce rendez-vous est déjà programmé au mois d'octobre dans votre calendrier. En utilisant la modalité tactile, vous devez d'abord trouver ce rendez-vous au mois d'octobre. Puis, vous changerez la date de ce rendez-vous médical : la nouvelle date du rendez-vous est le 17 octobre 2016. Le test prendra fin quand cette modification d'horaire sera enregistrée.

### 3.3. CONSIGNES SCENARII D’USAGE POST-DÉPLOIEMENT

#### 3.2.4 Scénario 4 (Tactile)

Vous souhaitez contacter Céline RUCHER. Ses coordonnées sont dans le répertoire de vos contacts. Vous constatez que le contact est enregistré 2 fois. Vous devez supprimer le doublon et ne garder qu’un seul contact de Céline RUCHER. Le test prendra fin quand un seul contact Céline RUCHER apparaîtra dans votre répertoire.

## 3.3 Consignes scenarii d’usage post-déploiement

#### 3.3.1 Scénario 1 (Agent virtuel)

Vous programmez la visite d’Hélène le lundi 5 décembre 2016 à 16 heures, à votre domicile. Avec l’avatar, vous devez ajouter cette activité à votre calendrier. Le test prendra fin quand le rendez-vous apparaîtra dans le calendrier.

#### 3.3.2 Scénario 2 (Agent virtuel)

Vous vous demandez quelles sont les fêtes du mois dernier. Avec l’avatar, vous devez consulter la liste des fêtes du mois d’août 2016. Le test prendra fin quand la liste de l’ensemble des fêtes du mois d’août sera affichée à l’écran.

#### 3.3.3 Scénario 3 (Tactile)

Il faut modifier l’heure d’un rendez-vous. Le rendez-vous à modifier est une sortie familiale au restaurant Le Cartier. Cette activité est déjà programmée dans le calendrier : vous la trouverez au mois de novembre. En utilisant la modalité tactile, vous devez :

1. Trouver ce rendez-vous au mois de novembre.
2. Puis, vous changerez l’heure de ce rendez-vous : la nouvelle heure est 18h.

Le test prendra fin quand cette modification d’horaire sera enregistrée.

### 3.3. CONSIGNES SCENARII D’USAGE POST-DÉPLOIEMENT

#### 3.3.4 Scénario 4 (Tactile)

Vous souhaitez mettre à jour les coordonnées de votre contact Damien ROBERT. Ses coordonnées sont dans le répertoire de vos contacts. Vous devez modifier son adresse postale car il a déménagé. Il habite à présent à l’adresse : **129 rue Wigget, Sherbrooke, QC J1J 2Y3** Le test prendra fin quand la modification du contact Damien ROBERT sera enregistrée dans votre répertoire de contacts.

## Annexe D

### Liste des évènements

AIMLRequest (Amelis Core (Backend) → Module de Langue)		
1	SETBOTNAME	Initialise le nom de l'avatar dans le module de langue. Ceci est exécuté lors de démarrage d'Amelis ou bien lors du changement du nom de l'avatar dans la configuration.
2	SETUSERNAME	Initialise le nom de l'utilisateur dans le module de langue. Ceci est exécuté lors de démarrage d'Amelis ou bien lors du changement du nom de l'utilisateur dans la configuration.
3	SYSSAYBYE	Demande une façon pour dire "au revoir" à l'utilisateur. Ceci est exécuté lors de la désactivation de l'avatar.
4	SYSSAYHELLO	Demande une façon pour dire "bonjour" à l'utilisateur. Ceci est exécuté lors de l'activation de l'avatar.
5	SYSSAYREMIND	Demande le texte à dire pour annoncer un rappel à l'utilisateur. Ceci est exécuté lorsqu'il y a un rappel à annoncer.
6	SYSASKINFODELETEDATE	Demande le texte à dire à l'utilisateur quand Amelis ne trouve aucun rendez-vous à supprimer à la date indiquée par l'utilisateur.
8	SYSASKINFOORDERDELETE	Demande le texte à dire à l'utilisateur pour choisir l'indice du rendez-vous à supprimer (premier ou deuxième ou troisième, ...).
9	SYSCANNOTGETEVENT	Annonce que les informations données par l'utilisateur ne permettent pas de trouver de rendez-vous.
10	SYSDELETEEVENT	Demande le texte à dire à l'utilisateur pour confirmer la suppression d'un rendez-vous.
11	SYSFEEDBACKDELETE	Demande le texte à dire à l'utilisateur pour confirmer la suppression d'un rendez-vous.
12	SYSFEEDBACKDELETECANCEL	Demande le texte à dire à l'utilisateur pour confirmer l'annulation de la suppression

		d'un rendez-vous.
<b>13</b>	SYSINVALIDCATEGORY	Demande le texte à dire à l'utilisateur quand la catégorie mentionnée par l'utilisateur n'a pas été comprise.
<b>14</b>	SYSINVALIDTIME	Lors de l'ajout d'un rendez-vous, si aucun paramètre n'est fournis, on demande la date
	SYSINVALIDTIMEREMIND	Lors de l'ajout d'un rappel, si aucun paramètre n'est fournis, on demande la date du rappel
<b>15</b>	SYSSAVERDV	Permet d'enregistrer un rendez-vous et de vérifier les chevauchements de rendez-vous avant enregistrement
<b>16</b>	SYSSHOWCONTACT	Lors de l'enregistrement d'un rendez-vous, on demande à l'utilisateur si le contact qu'il a rentré correspond à un contact de la base de données si le nom est identique
<b>18</b>	SYSASKINFOCHANGEDATE	Lors de la modification, si l'on ne trouve pas d'activité on demande la date de l'activité
<b>19</b>	SYSASKINFOCHANGEFIELD	Durant la modification, lorsqu'on a identifié et sélectionné l'activité souhaitée, on demande les champs à modifier
<b>20</b>	SYSASKINFOCHANGEORDER	Durant la modification, s'il y a plusieurs activités à la même date, on demande lequel sélectionner
<b>21</b>	SYSASKINFOCHANGEOTHERFIELD	Durant la modification, lorsqu'un champ vient d'être modifié, on demande quel nouveau champ modifier
<b>25</b>	SYSINVALIDDATE	Demande le texte à annoncer à l'utilisateur quand la date est invalide. Dans le cas où la date n'a pas été comprise ou bien non fournie ou bien quand il s'agit d'une date dans le passé et que l'utilisateur souhaite rajouter un rendez-vous
<b>26</b>	SYSINVALIDCONTACT	Si aucun paramètres n'est fournis pour l'ajout d'un contact, on redemande le nom du contact

27	SYSINVALIDINFO	Si aucun paramètres n'est fournis pour l'ajout d'une note, on redemande la note à inscrire
28	SYSASKCATEGORYADDEVENT	Lors de l'ajout, on demande la catégorie du rendez-vous si elle n'a pas été fournie
29	SYSASKDATEADDEVENT	Lors de l'ajout, on demande la date du rendez-vous si elle n'a pas été fournie
30	SYSASKHOURADDEVENT	Lors de l'ajout, on demande l'heure du rendez-vous si elle n'a pas été fournie
40	SYSASKTITLEADDEVENT	Lors de l'ajout, on demande le titre du rendez-vous s'il n'a pas été fourni
41	SYSINVALIDINOMRDV	Si aucun paramètres n'est fournis pour l'ajout d'un titre, on redemande le titre
42	SYSINVALIDLIEU	Si aucun paramètres n'est fournis pour l'ajout d'un lieu, on redemande le lieu
43	SYSCANNOTGETWEATHER	Dans le cas où la météo ne peut être récupérée, demander au module de langue comment l'annoncer à l'utilisateur.
44	SYSWEATHER	Demande le texte pour annoncer la météo à l'utilisateur. Cette commande indique aussi au module de langue la température ainsi que d'autres détails supplémentaires.
46	SYSFEEDBACK	Récupère le texte à dire à l'utilisateur suite à une demande d'affichage de rendez-vous prévus.
47	SYSFEEDBACKPAST	Récupère le texte à dire à l'utilisateur suite à une demande d'affichage de rendez-vous passés.
48	SYSGIVEDATE	Donne la date à l'utilisateur
49	SYSSAVEDATE	Enregistre la date à vérifier avec la date du rappel à la fin d'un enregistrement d'un ajout de rendez-vous
50	SYSASKINFONEEDDATE	Lors d'une modif, si plusieurs rdv avec titre similaire, demander la date
51	SYSINVALIDADDDREMINDBEFORE	Lors d'un ajout, si rappel dans le passé,

		demander de reformuler le rappel
52	SYSINVALIDADDREMINDAFTER	Lors d'un ajout, si rappel ultérieur à la date du rdv, demander de reformuler le rappel
53	SYSMODIFIEDINPUT	Lorsqu'une phrase n'a pas été comprise une première fois, elle est traitée pour essayer de trouver un verbe d'action synonyme et on renvoie la phrase pour la réanalyser
54	SYSDATEBEFOREMOMENTADD	Lors de la sauvegarde si date rdv avant date du jour, rdv dans le passé donc modifier date
55	SYSHOURBEFOREMOMENTADD	Lors de la sauvegarde si heure rdv avant heure actuelle du jour, rdv dans le passé donc modifier heure
56	SYSREMINDBEFOREMOMENTADD	Lors de la sauvegarde si date rappel avant date du jour, rappel dans le passé donc modifier date rappel
57	SYSREMINDAFTERDATEADD	Lors de la sauvegarde si heure rappel avant heure actuelle du jour, rappel dans le passé donc modifier heure rappel
58	SYSINFORDVDATE	Lorsqu'on demande à consulter des rdv, on donne les rdv à la date demandé avec leur catégorie
59	SYSASKDATEDISPLAY	Lors d'une consultation, si infos reçus pas suffisantes pour trouver le rendez-vous et pas de date reçue, demander une date
60	SYSASKCATEGORYDISPLAY	Lors d'une consultation, si infos reçus pas suffisantes pour trouver le rendez-vous, demander une catégorie
61	SYSDISPLAYANEVENT	Annonce que le rdv va être afficher
62	SYSASKREMIND	Lors d'un ajout ou une modif, on demande la date à laquelle mettre le rappel
63	SYSSETDATEREMIND	Met à jour la date du rappel
64	SYSSETHOURREMIND	Met à jour l'heure du rappel
65	SYSASKOTHERDATEDISPLAY	Si pas de rdv trouvé pour la consultation à



		cette date, demande une autre date
66	SYSASKINFODISPLAY	Quand on consulte et qu'on a reçu plusieurs info qui ne permettent pas de savoir laquelle changer pour trouver le rdv, on demande de reformuler une des info.
67	SYSNEEDDATETOCHANGE	Pour la modif. Si on ne trouve pas le rdv avec le titre ou la catégorie et que l'on a pas de date, on demande la date
68	SYSASKINFODISPLAYMORESPECIFIC	Lors d'une consultation, s'il y a plusieurs rdv, et qu'un titre est donné mais qu'on ne trouve pas l'activité spécifique, on donne les rdv à la date donnée mais on propose de faire une recherche plus détaillée
69	SYSaskinfochange	Quand on modifie et qu'on a reçu plusieurs info qui ne permettent pas de savoir laquelle changer pour trouver le rdv, on demande de reformuler une des info.
70	SYSASKDATEDELETESEVERALCAT	Suppression rdv avec info categorie seulement, si plusieurs rdv avec même cat, demande de date
71	SYSASKCATEGORYDELETE	Suppression rdv avec info categorie seulement, si aucun rdv avec cette cat, reformuler cat
72	SYSASKDATEDELETETOSPECIFY	Suppression rdv, demande de la date en plus des informations fournies pour pouvoir retrouver le rendez-vous facilement
<b>UserRequest (Amelis Core (Frontend) → Module de Langue)</b> <b>Events de synchronisation tactile/vocale</b>		
2	SYSUPDATEHOUR	Mise à jour tactile lors d'un ajout donc mise à jour pour le vocal
3	SYSUPDATETITLE	Mise à jour tactile lors d'un ajout donc mise à jour pour le vocal
4	SYSUPDATEPLACE	Mise à jour tactile lors d'un ajout donc mise à jour pour le vocal
5	SYSUPDATECATEGORY	Mise à jour tactile lors d'un ajout donc mise à jour pour le vocal

6	SYSUPDATECONTACT	Mise à jour tactile lors d'un ajout donc mise à jour pour le vocal
7	SYSUPDATENOTE	Mise à jour tactile lors d'un ajout donc mise à jour pour le vocal
3	SYSMODIFUPDATETITLE	Mise à jour tactile lors d'une modification donc mise à jour pour le vocal
4	SYSMODIFUPDATEPLACE	Mise à jour tactile lors d'une modification donc mise à jour pour le vocal
5	SYSMODIFUPDATECATEGORY	Mise à jour tactile lors d'une modification donc mise à jour pour le vocal
6	SYSMODIFUPDATECONTACT	Mise à jour tactile lors d'une modification donc mise à jour pour le vocal
7	SYSMODIFUPDATENOTE	Mise à jour tactile lors d'une modification donc mise à jour pour le vocal
8	SYSRESTARTSPEECHRECOGNITION	Redémarre l'écoute de l'utilisateur
11	SYSCHANGEDATECONFLICT	Si chevauchement lors de dates, demande de modification de la date fournie
12	SYSCANCEL	Clic d'annulation en tactil donc informer le vocal avec avatar en marche
13	SYSSAVERDV	Clic d'enregistrement de rendez-vous en tactil donc informer le vocal avec avatar en marche
14	SYSDELETE	Clic de suppression de rendez-vous en tactil donc informer le vocal avec avatar en marche
15	SYSEEDIT	Clic de modification de rendez-vous en tactil donc informer le vocal avec avatar en marche
16	SYSADD	Clic tactil sur ajout donc informer le vocal avec avatar en marche
17	SYSINITVALUE	Sis ajout ou modification tactile, informer le vocal sans rien dire puisqu'avatar fermé
18	SYSSYNCHROEDIT	Clic tactil pour démarrer avatar mais modification tactile en cours donc

		synchronisation du vocal
19	SYSSYNCHROADD	Clic tactile pour démarrer avatar mais ajout tactile en cours donc synchronisation du vocal
20	SYSSAVEDATE	Enregistre la date à vérifier avec la date du rappel à la fin d'un enregistrement d'un ajout de rendez-vous
21	SYSDEFAULTDATE	Lors d'un ajout ou une modif, date du rdv par défaut pour une vérif lors de la sauvegarde
22	SYSDEFAULTHOUR	Lors d'un ajout ou une modif, heure du rdv par défaut pour une vérif lors de la sauvegarde
23	SYSDEFAULTDATEREMIND	Lors d'un ajout ou une modif, date du rappel du rdv par défaut pour une vérif lors de la sauvegarde
24	SYSDEFAULTHOURREMIND	Lors d'un ajout ou une modif, heure du rappel du rdv par défaut pour une vérif lors de la sauvegarde
25	SYSDEFAULTCATEGORY	Lors d'une modif, catégorie du rdv par défaut pour une vérif lors de la sauvegarde
26	SYSDEFAULTContact	Lors d'un ajout ou d'une modif, contact du rdv par défaut pour une vérif lors de la sauvegarde
<b>EventMessage (Module de langue → Amelis Core)</b>		
1	CMDAddRDV	Permet de déclencher le clic sur le bouton "Ajouter +" dans l'UI pour afficher le panneau d'un ajout d'un rendez-vous.
2	AddEvent	Permet d'initialiser les valeurs des champs d'un rendez-vous si jamais ça a été donné en une seule fois.
3	CMDSetNomRDV	Initialise la valeur du titre du rendez-vous par le texte de l'utilisateur.
4	CMDSetLieu	Initialise la valeur du lieu du rendez-vous par le texte de l'utilisateur.

5	CMDSetContact	Initialise la valeur du contact du rendez-vous par le texte de l'utilisateur.
6	CMDSetHeureRappel	Initialise la valeur de l'heure du rappel avec la donnée de l'utilisateur.
7	CMDSetInfo	Initialise le texte de la note d'un rendez-vous avec le texte de l'utilisateur.
8	CMDSaveRDV	Enregistre un rendez-vous en cliquant sur le bouton d'enregistrement sur l'interface graphique.
9	CMDCancelRDV	Annule l'enregistrement d'un rendez-vous en cliquant sur le bouton d'annulation.
10	DisplayEvent	Affiche les rendez-vous suivant certains critères donnés par l'utilisateur.
11	CMDShowContact (pas implémenté)	Supposer afficher un contact directement quand on dit à l'avatar affiche moi le contact toto.
12	CMDShowContacts	Affiche la page des contacts.
13	CMDAddContactRDV	Affiche la liste des contacts trouvés dans le carnet et permet à l'utilisateur d'en sélectionner un pour le rendez-vous.
14	CMDShowFetes	Affiche la page des Fêtes.
15	CMDSetDate	Initialise la date d'un rendez-vous avec la date donnée par l'utilisateur.
16	GetWeather	Permet de récupérer la météo du webservice.
17	ChangeEvent	Permet de sélectionner le rendez-vous à modifier
18	CMDSetCategory	Initialise la catégorie d'un rendez-vous par la catégorie donnée par l'utilisateur.
19	CMDSetTimeRdv	Initialise l'heure d'un rendez-vous par l'heure donnée par l'utilisateur.
20	CMDShowMusique	Affiche la page de la musique.
21	CMDShowParametres	Affiche la page des paramètres.

<b>22</b>	CMDShowPhotos	Affiche la page des photos.
<b>23</b>	CloseEvent	Ferme les panneaux d'ajout, modification et consultation lorsqu'on relance ou ferme l'avatar
<b>24</b>	CMDShutdownAvatar	Fait disparaître l'avatar lorsque l'utilisateur lui dit "au revoir" par exemple.
<b>25</b>	DeleteEvent	Supprime un rendez-vous.

## Annexe E

# Composants graphiques de l'atelier de prototypage 1



**figure E.1** À gauche : calendrier mensuel style Amelis première version. Au centre et à droite : calendriers mensuels avec deux différents styles.

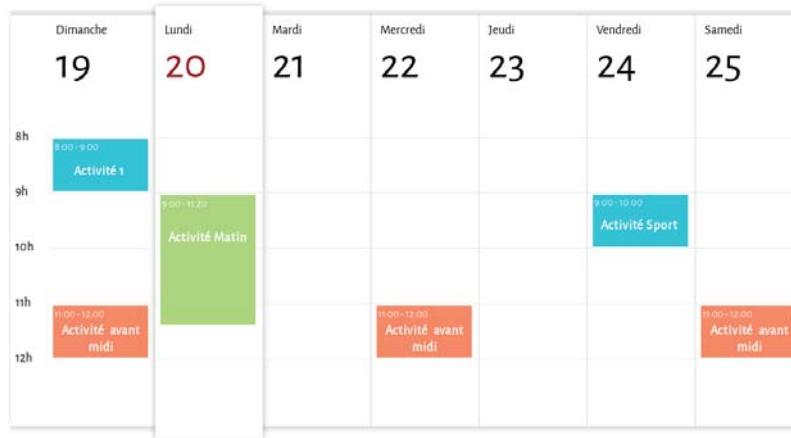


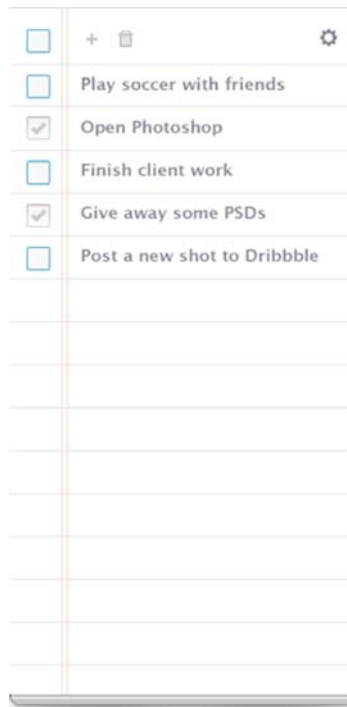
figure E.2 Calendrier hebdomadaire



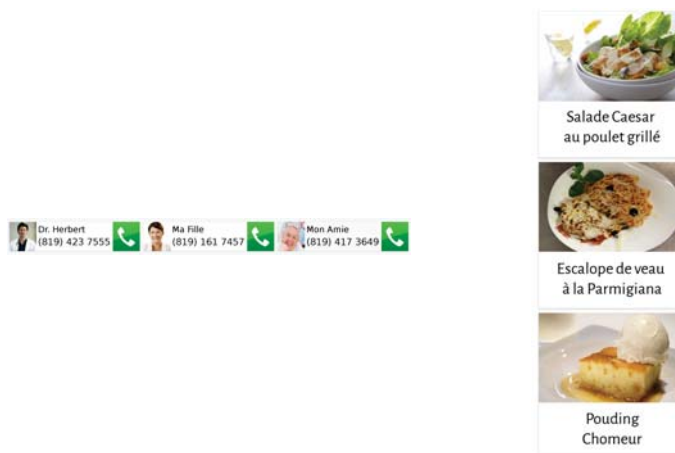
figure E.3 Deux styles différents de l'horloge. À gauche une horloge en numérique et avec la date. À droite l'horloge en analogique et sans date



figure E.4 Trois styles différents du composant météo. À gauche, le composant offre la météo du jour en plus d'un aperçu de la météo de la semaine. Au centre une vue minimale de la météo du jour présentée à l'horizontale. À droite une vue minimale de la météo du jour présentée à la verticale.



**figure E.5** Composant permettant de faire une prise de notes

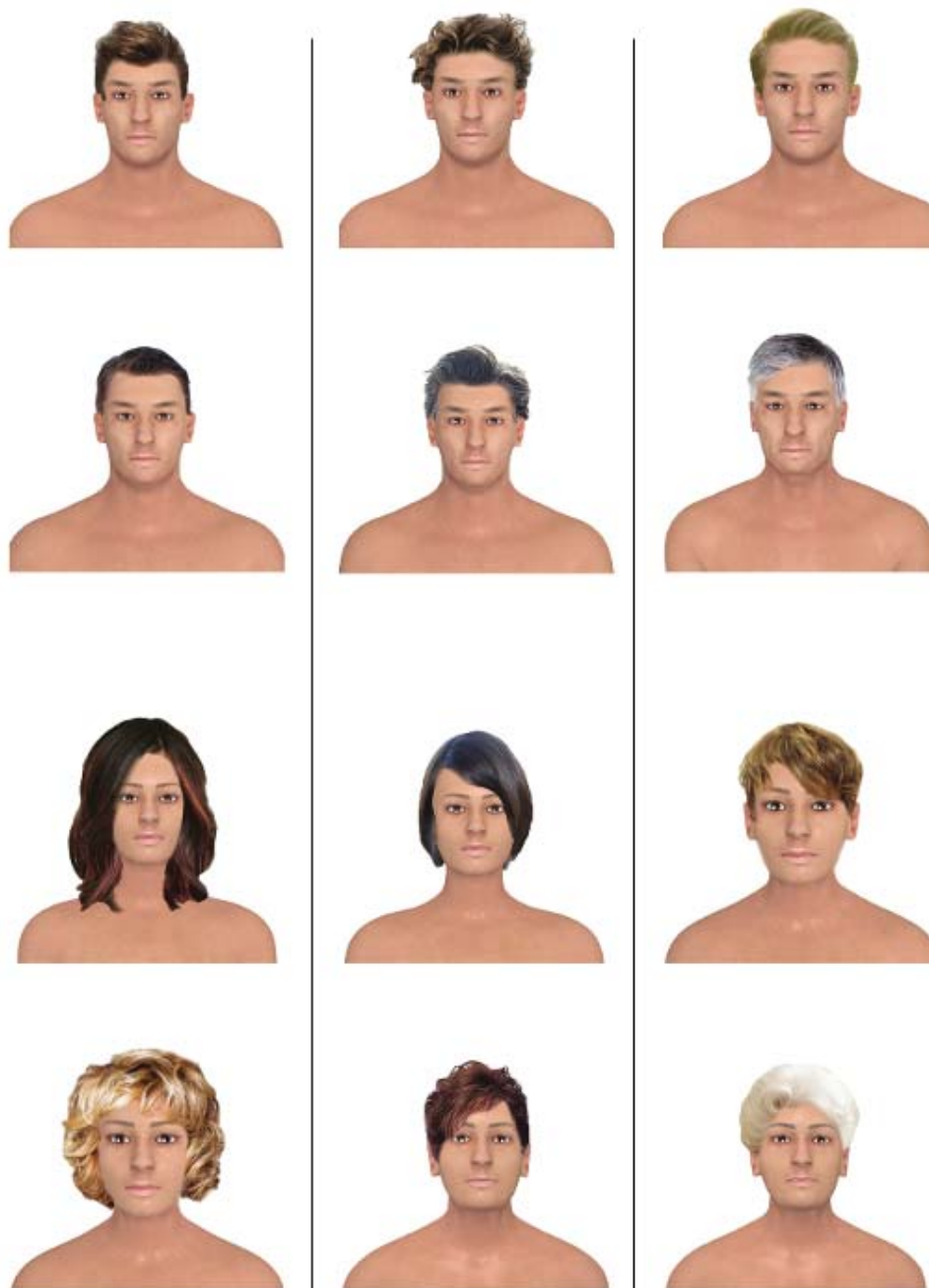


**figure E.6** Composants extras. À gauche : un composant permettant d’avoir des contacts et à droite un composant permettant d’afficher le menu au restaurant de la résidence.



## Annexe F

### Composants de prototypage de l'agent virtuel



**figure F.1** Différents visages d'agents virtuels ayant des âges variés : première colonne 25 ans, deuxième colonne 45 ans et troisième colonne 70 ans



**figure F.2** Planche d'habits pour agent virtuel de sexe féminin âgé de 25 ans et de 45 ans



**figure F.3** Planche d'habits pour agent virtuel de sexe féminin âgé de 70 ans et de sexe masculin âgé de 25 ans



**figure F.4** Planche d'habits pour agent virtuel de sexe masculin âgé de 45 ans et de 70 ans

## **Annexe G**

### **Atelier 3 : Dialogue agent virtuel**

### PROFIL 1

- 1 Amelis, je voudrais inscrire un rendez-vous
- 2 **Bonjour Christine. Je suis prêt à ajouter un rendez-vous.**
- 3 Alors, ce sera le 18 mai à 10h30, je vais chez le médecin.
- 4 **J'ai reçu trop d'informations. Procédons par étape s'il-te-plaît.**
- 5
- 6 D'accord !
- 7 **A quelle date veux-tu ajouter un rendez-vous ?**
- 8 Ce sera le 18 mai, un mercredi je crois
- 9 **Le 18 mai 2016. C'est un mercredi oui. Je crée un nouveau**
- 10 **rendez-vous le mercredi 18 mai 2016.**
- 11 Oui.
- 12 **Quel nom souhaites-tu donner à ce rendez-vous ?**
- 13 Médecin pour un check-up
- 14 **Je comprends médecin. Je ne comprends pas la suite du**
- 15 **nom. Christine, peux-tu reformuler s'il-te-plaît ?**
- 16 Médecin pour... un contrôle de routine.
- 17 **Merci. J'ajoute le nom du rendez-vous : « médecin pour**
- 18 **un contrôle de routine ». A quelle heure aura lieu ce**
- 19 **rendez-vous ?**
- 20 A 10h30.
- 21 **D'accord. L'heure du rendez-vous « médecin pour un**
- 22 **contrôle de routine » est ajoutée : 10h30. Quelle est**
- 23 **l'adresse du rendez-vous ?**
- 24 Je ne sais pas l'adresse par cœur. Parfois, je ne me rappelle pas
- 25 des adresses.
- 26 **Est-ce que je dois consulter ta liste de contacts ?**
- 27 Oui. Regarde à Médecin de famille.
- 28 **Je ne trouve pas d'information à « médecin de famille ».**
- 29 Docteur Piroud ?
- 30 **Voici l'adresse du Dr Piroud : 302, rue King Est,**
- 31 **Sherbrooke QC J1G 1B8**
- 32 C'est ça.
- 33 **Dois-je ajouter cette adresse au rendez-vous « médecin**
- 34 **pour un contrôle de routine »?**
- 35 Oui.
- 36 **D'accord. L'adresse du rendez-vous « médecin pour un**
- 37 **contrôle de routine » est ajoutée : Dr Piroud, 302 rue King**
- 38 **Est, Sherbrooke QC J1G 1B8.**
- 39 Merci Amelis.
- 40 **C'est mon travail, Christine ! Souhaites-tu ajouter une**
- 41 **note à ce rendez-vous « médecin pour un contrôle de**
- 42 **routine »?**
- 43 Non, je ne crois pas.
- 44 **Souhaites-tu que je te rappelle le rendez-vous ?**
- 45 Oui. Une heure avant.
- 46 **Je n'ai pas compris ta réponse. Christine, peux-tu**
- 47 **reformuler s'il-te-plaît ?**
- 48 9h30.
- 49 **J'ajoute un rappel. Le rappel du rendez-vous « médecin**
- 50 **pour consultation de routine » est ajouté à 9h30. Souhaites-**
- 51 **tu ajouter une note à ce rendez-vous ?**
- 52 Ah oui ! J'allais oublier ! Oui. Ajoute une note
- 53 **Je suis prêt à ajouter une note.**
- 54 « Penser à carte soleil et derniers résultats »
- 55 **La note du rendez-vous « médecin pour un contrôle de**
- 56 **routine » est ajoutée : « penser à carte soleil et derniers**
- 57 **résultats »**
- 58 Il faudra me le rappeler aussi !
- 59 **Un rappel a déjà été programmé à 9h30. Souhaites-tu**
- 60 **modifier ce rappel ?**
- 61 Non, c'est correct.
- 62 **Nous venons d'ajouter un rendez-vous « médecin pour un**
- 63 **contrôle de routine », le mercredi 18 mai 2016 à 10h30, à**
- 64 **l'adresse : Dr Piroud : 302, rue King Est, Sherbrooke QC**
- 65 **J1G 1B8. Un rappel sonnera à 9h30 et précisera « penser à**
- 66 **carte soleil et derniers résultats ». Est-ce que toutes les**
- 67 **informations sont correctes ?**
- 68 Oui, tout à fait.
- 69 **Souhaites-tu valider ce rendez-vous ?**
- 70 Oui, je valide ce rendez-vous.
- 71 **Validé ! Le rendez-vous et le rappel ont été ajoutés avec**
- 72 **succès. Puis-je faire autre chose pour toi ?**
- 73 Non, merci.
- 74 **A ton service. Au revoir Christine.**
- 75 Aurevoir Amelis.

## PROFIL 2

- 1 Amelis, bonjour.
- 2 **Bonjour. Quelle est votre demande ?**
- 3 Ajouter rendez-vous.
- 4 **Quelle est la date du rendez-vous ?**
- 5 Ce sera le 18 mai, un mercredi je crois
- 6 **Réponse incorrecte.**
- 7 Réponse incorrecte ? Voyons ! Le 18 mai, mercredi.
- 8 **(inscrit mercredi 18 mai 2016)**
- 9 C'est bien un mercredi alors ?
- 10 **Le rendez-vous est inscrit au mercredi 18 mai 2016.**
- 11 Très bien ! Ensuite ? L'heure !
- 12 **Quel est le nom du rendez-vous ?**
- 13 On ne commence pas par l'heure ?
- 14 **Quel est le nom du rendez-vous ?**
- 15 Bon, je vois. Le nom du rendez-vous est : « médecin pour
- 16 check up »
- 17 **(inscrit médecin)**
- 18 Non. Modifier.
- 19 **Vous voulez-modifier le nom du rendez-vous.**
- 20 Oui.
- 21 **Quel est le nom du rendez-vous ?**
- 22 Médecin pour un CHECK-UP
- 23 **Réponse incorrecte**
- 24 Médecin pour... contrôle de routine
- 25 **(inscrit médecin pour contrôle de routine) A quelle heure**
- 26 **aura lieu le rendez-vous ?**
- 27 10h30.
- 28 **A quelle adresse aura lieu le rendez-vous ?**
- 29 Dans ma liste de contact, il y a l'adresse du médecin. Parfois,
- 30 je ne me rappelle pas des adresses.
- 31 **Réponse incorrecte.**
- 32 Bon, ce n'est pas grave, je la connais l'adresse.
- 33 **A quelle adresse aura lieu le rendez-vous ?**
- 34 Je ne souhaite pas ajouter d'adresse. Passer.
- 35 **Vous n'avez pas ajouté d'adresse à ce rendez-vous. Voulez-**
- 36 **vous ajouter adresse ?**
- 37 Non ! Non, non.
- 38 **Voulez-vous ajouter un rappel?**
- 39 Oui.
- 40 **A quelle heure souhaitez-vous un rappel ?**
- 41 Une heure avant.
- 42 **Réponse incorrecte.**
- 43 Encore !
- 44 **Votre réponse incorrecte. Je répète ma question : A quelle**
- 45 **heure souhaitez-vous un rappel ?**
- 46 9h30.
- 47 **Voulez-vous ajouter une information ?**
- 48 Non. Enregistre.
- 49 **Enregistré.**
- 50 Ah ! J'ai oublié de noter d'apporter mes dernières analyses et
- 51 ma carte soleil !
- 52 **(silence)**
- 53 Ajouter notes.
- 54 **(silence)**
- 55 Amelis. Bonjour.
- 56 **Bonjour. Quelle est votre demande ?**
- 57 Modifier rendez-vous (...)

### PROFIL 3

1 Amelis, j'ai besoin de toi pour ajouter un rendez-  
2 vous

3 **Bonjour Christine ! Je suis prêt à vous aider**  
4 **pour l'inscription d'un rendez-vous.**

5 Je ne me rappelle plus trop comment faire.

6 **Je vais vous guider pas à pas. Êtes-vous prête à**  
7 **commencer ?**

8 Oui, je suis prête.

9 **Pour commencer, pouvez-vous me préciser la**  
10 **date du rendez-vous à ajouter ?**

11 Ce sera le 18 mai, un mercredi je crois ?

12 **Je vais vérifier avec vous : le mercredi 18 mai**  
13 **2016. Je suis donc prêt à ajouter un nouveau**  
14 **rendez-vous le 18 mai prochain.**

15 C'est bien un mercredi alors ?

16 **Tout à fait Christine. Continuons. Pouvez-vous**  
17 **me préciser le nom de ce rendez-vous ?**

18 Je dois aller chez le médecin pour un check-up.

19 **Je ne comprends pas votre réponse. Elle contient**  
20 **des mots que je n'ai encore jamais entendu.**  
21 **Pouvez-vous reformuler s'il-vous-plaît ?**

22 Médecin, tu connais ?

23 **Je reconnais le mot médecin.**

24 C'est la suite alors. Check-up. Tu connais le mot «  
25 check-up » ?

26 **Je suis désolée, je ne connais pas encore ce mot.**  
27 **Je vais l'apprendre. En attendant, comment**  
28 **pourrais-je inscrire le nom du rendez-vous ?**

29 Tu peux marquer : « médecin pour contrôle de  
30 routine »

31 **Très bien, merci Christine. Quelle est l'heure de**  
32 **ce rendez-vous « médecin pour contrôle de**  
33 **routine » ?**

34 10h30.

35 **C'est bien noté : 10h30. La prochaine étape**  
36 **consiste à inscrire l'adresse de ce rendez-vous.**

37 D'accord mais je ne connais pas l'adresse du  
38 médecin par cœur.

39 **Habituellement, les rendez-vous « médecin »**  
40 **sont associés avec l'adresse du contact Dr Piroud**  
41 **: 302, rue King Est, Sherbrooke QC J1G 1B8.**

42 **Est-ce que vous souhaitez que j'inscrive cette**  
43 **adresse ?**

44 Oh oui ! Parfait, je te remercie d'avoir cherché cette  
45 information. Parfois, je ne me rappelle pas des  
46 adresses.

47 **Cela me fait plaisir Christine. La liste de contact**  
48 **contient des adresses utiles. Il est toujours**  
49 **possible d'en ajouter de nouvelles quand vous le**  
50 **souhaitez. L'ajout du rendez-vous « médecin**  
51 **pour un contrôle de routine », le mercredi 18**  
52 **mai 2016 10h30, à l'adresse du Dr Piroud : 302,**  
53 **rue King Est, Sherbrooke QC J1G 1B8, est en**  
54 **cours. Nous n'avons pas validé ce rendez-vous,**  
55 **souhaitez-vous continuer ?**

56 Oui, bien sûr.

57 **Souhaitez-vous ajouter une note à ce rendez-**  
58 **vous ? Je peux vous suggérer par exemple de**  
59 **penser à vous munir de votre carte soleil.**

60 Ah oui ! Je dois penser à ma carte soleil et aux  
61 résultats de mes dernières analyses.

62 **J'ai enregistré la note suivante : Penser à carte**  
63 **soleil et derniers résultats d'analyse.**

64 Oui, enfin, si c'est pour oublier de les prendre au  
65 dernier moment...

66 **Peut-être qu'un rappel serait utile 1h avant le**  
67 **rendez-vous ?**

68 Oui.

69 **J'enregistre donc un rappel à 9h30.**

70 Oui.

71 **Souhaitez-vous ajouter une information à ce**  
72 **rendez-vous ?**

73 Je ne vois pas, comment savoir si j'ai oublié  
74 quelque chose.

75 **Je vais vous proposer un récapitulatif des**  
76 **informations. Vous pourrez ensuite me dire si**  
77 **nous ajoutons des informations ou bien si nous**  
78 **validons le rendez-vous.**

79 D'accord, je t'écoute.

80 **Nous sommes en train d'ajouter un rendez-vous**  
81 **« médecin pour un contrôle de routine », le**  
82 **mercredi 18 mai 2016 à 10h30, à l'adresse : Dr**  
83 **Piroud : 302, rue King Est, Sherbrooke QC J1G**  
84 **1B8. Un rappel sonnera à 9h30 et précisera «**  
85 **penser à carte soleil et derniers résultats ».**  
86 **Voulez-vous ajouter une information ?**

87 Non, c'est bon, tout est là. Enfin, sauf si le  
 88 secrétariat du docteur Piroud m'appelle pour  
 89 changer l'heure ou que sais-je ? Ce serait embêtant.

90 **Vous pouvez toujours modifier un rendez-vous à**  
 91 **venir. Pour cela il suffit de me le demander**  
 92 **quand vous le souhaitez.**

93 Et puis ? Comment ça se passe pour modifier.

94 **Il me fera toujours plaisir de vous guider pas à**  
 95 **pas dans l'utilisation du calendrier. L'ajout du**  
 96 **rendez-vous « médecin pour un contrôle de**  
 97 **routine », le mercredi 18 mai 2016 10h30, à**  
 98 **l'adresse du Dr Piroud : 302, rue King Est,**  
 99 **Sherbrooke QC J1G 1B8, est toujours en cours.**

100 **Nous n'avons pas validé ce rendez-vous,**  
 101 **souhaitez-vous continuer ?**

102 Ah oui, oui, je voudrais être sûre que tout est bien  
 103 inscrit au calendrier.

104 **Nous avons vérifié ensemble les informations.**  
 105 **Vous ne souhaitez pas ajouter d'informations.**  
 106 **Etes-vous prête à valider ce rendez-vous ?**

107 Oui, on valide !

108 **J'ai bien enregistré le nouveau rendez-vous**  
 109 **« médecin » pour un contrôle de routine », le**  
 110 **mercredi 18 mai 2016 10h30, à l'adresse du Dr**  
 111 **Piroud. Un rappel sonnera à 9h30 et précisera «**  
 112 **penser à carte soleil et derniers résultats ».**

113 C'est très bien.

114 **Je remarque que vous aurez une journée**  
 115 **chargée le 18 mai : à 14h vous aurez rendez-vous**  
 116 **avec Dominique pour votre cours d'anglais, puis**  
 117 **à 16h vous participerez à l'assemblée générale**  
 118 **de la coopérative ! Comptez sur moi pour vous**  
 119 **rappeler ces événements !**

120 Le moment venu, oui. Merci Amelis.

121 **A bientôt Christine. Belle journée !**



## Annexe H

### Questionnaires d'évaluation des émotions de l'agent virtuel

The figure displays three rows of Likert scales for the PAD (Pleasure, Arousal, Dominance) emotion evaluation questionnaire. Each row consists of five faces with different expressions and seven circles for rating. The middle circle in each row is shaded.

**Row 1: Content to Triste**

Content    ☐   ☐   ☐   ☐   ☒   ☐   ☐   ☐   ☐   Triste

Neutre

**Row 2: Actif to Calme**

Actif    ☐   ☐   ☐   ☐   ☒   ☐   ☐   ☐   ☐   Calme

Neutre

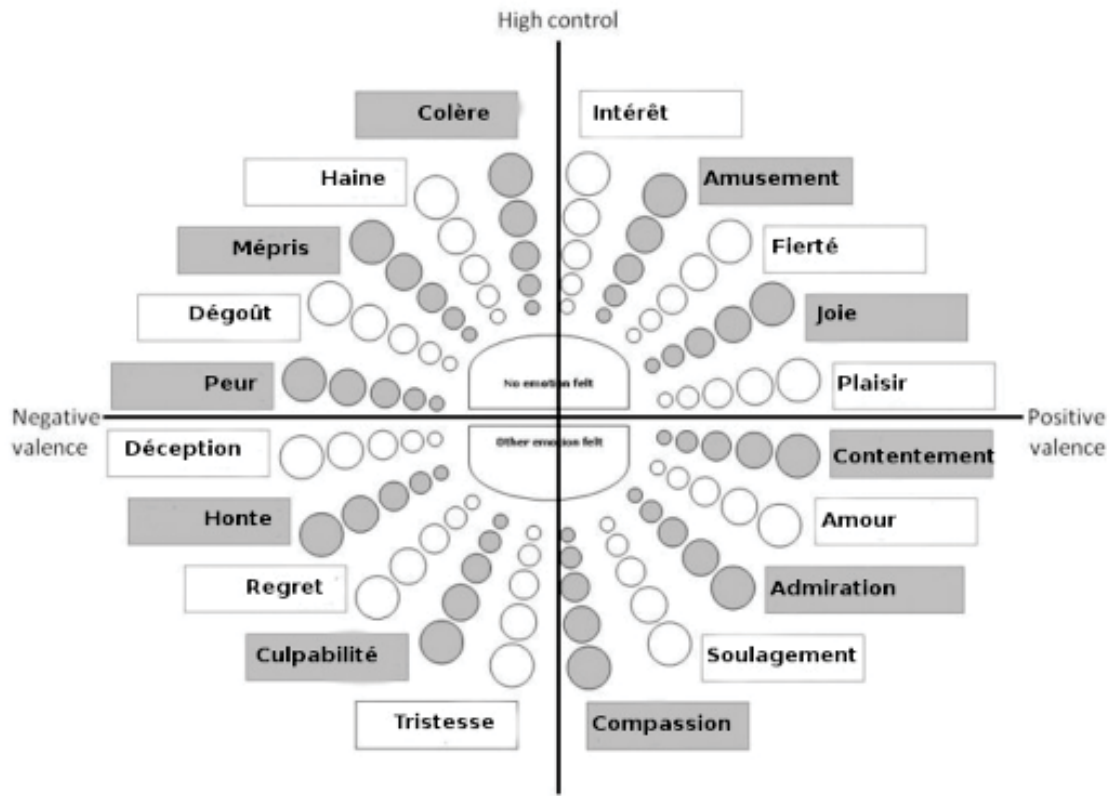
**Row 3: Dépendant to Indépendant**

Dépendant    ☐   ☐   ☐   ☐   ☒   ☐   ☐   ☐   ☐   Indépendant

Neutre

figure H.1 Questionnaire d'évaluation émotionnelle selon PAD

Le participant est invité à cocher les cases pour évaluer l'émotion de l'agent virtuel, figure H.1. L'évaluation est faite suivant 3 axes (la plaisance, l'excitation et la dominance).

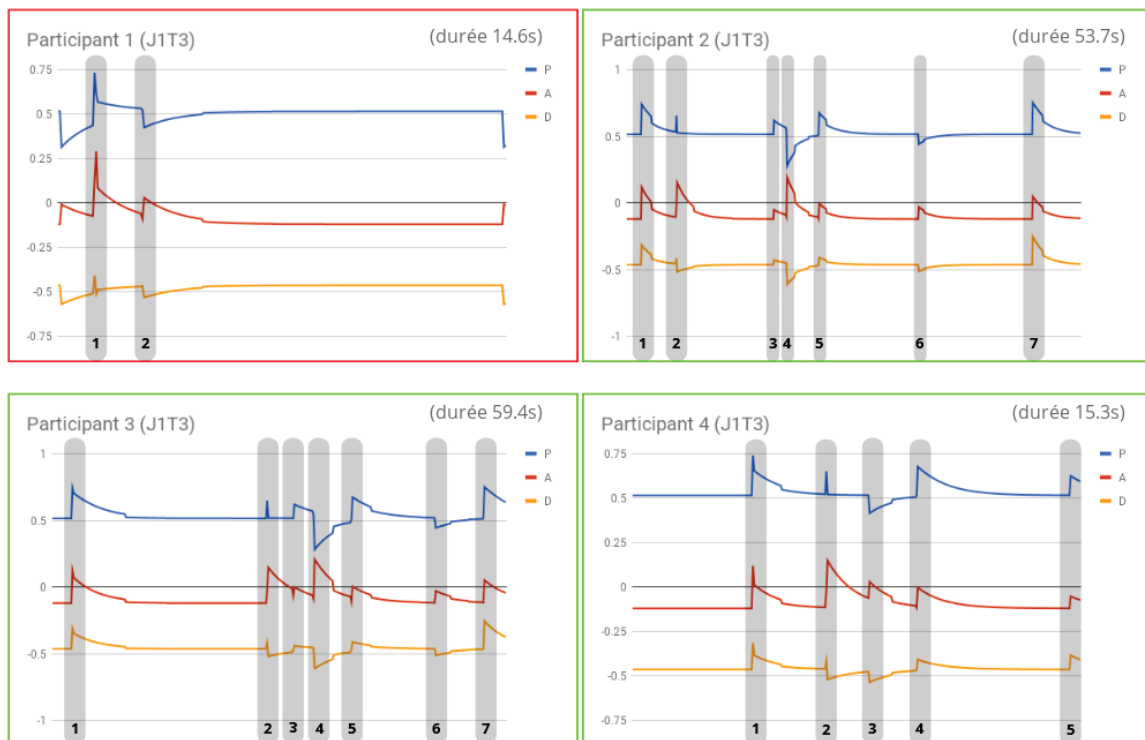


**figure H.2** Questionnaire d'évaluation émotionnelle selon les émotions définies dans le modèle OCC

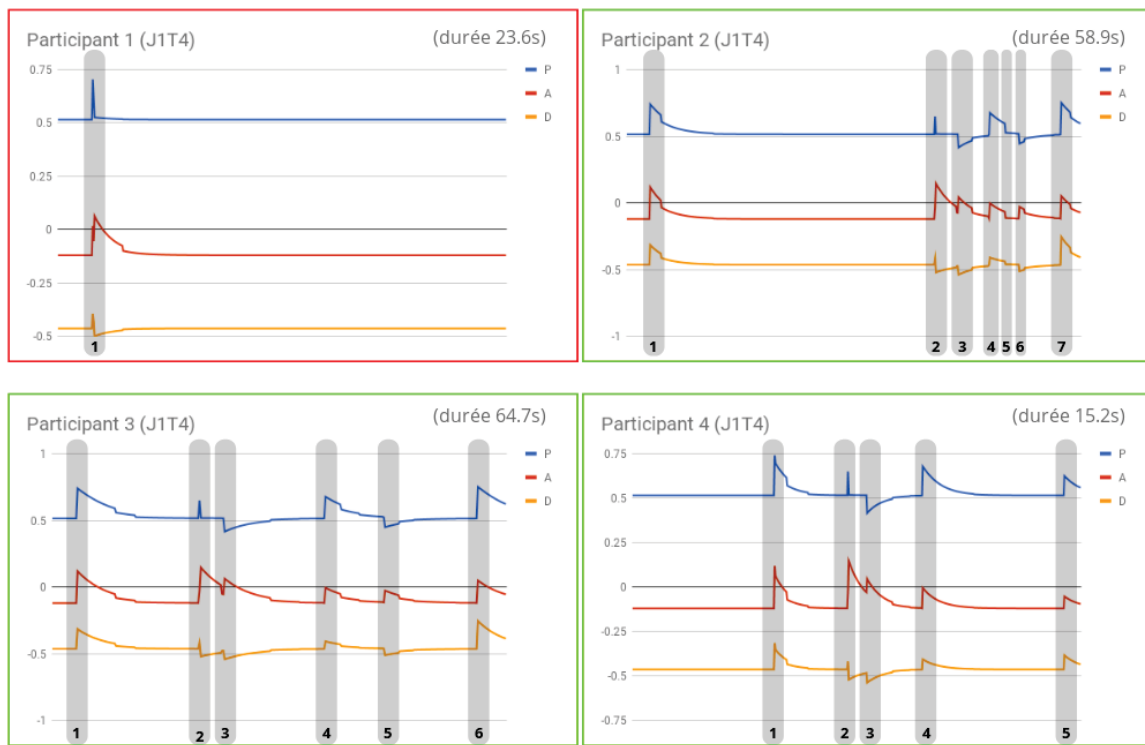
Le participant est invité à cocher les ronds avec les émotions (figure H.2) les plus proches à celles que l'agent virtuelle a exprimé ainsi que le niveau d'intensité.

# Annexe I

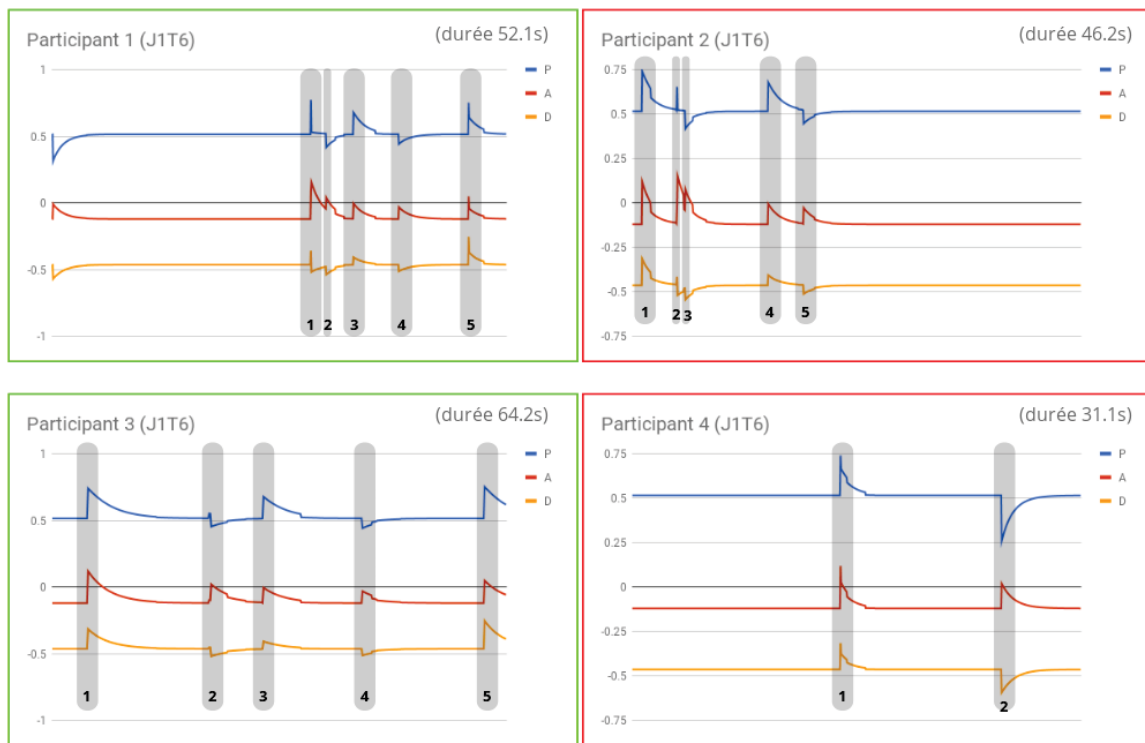
## Dynamique émotionnelle de l'agent virtuel



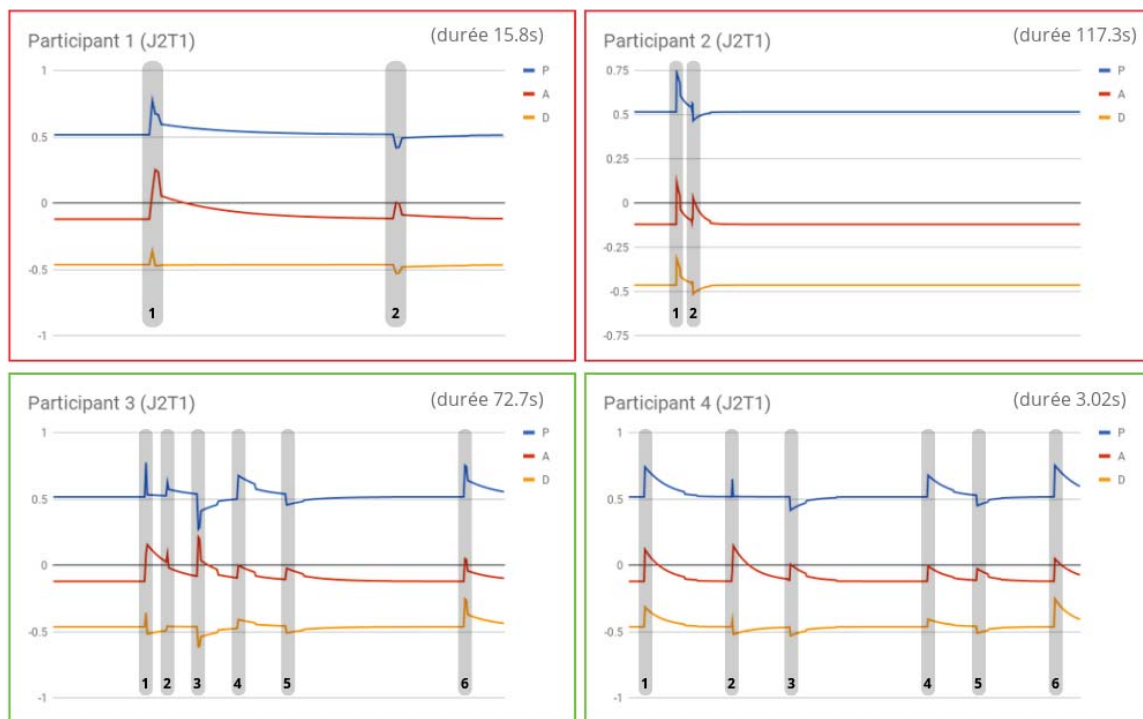
**figure I.1** Comportement émotionnel de l'agent virtuel pour la tâche J1T3 pour chacun des quatre participants



**figure I.2** Comportement émotionnel de l'agent virtuel pour la tâche J1T4 pour chacun des quatre participants



**figure I.3** Comportement émotionnel de l'agent virtuel pour la tâche J1T6 pour chacun des quatre participants



**figure I.4** Comportement émotionnel de l'agent virtuel pour la tâche J2T1 pour chacun des quatre participants

# Bibliographie

- [1] Direction de la recherche de l'évaluation et de la statistique du ministère de la Famille et des AÎNÉS. *Les aînés du Québec*. 2012.
- [2] M. BEAUDOUIN-LAFON. « Designing Interaction, Not Interfaces ». In : AVI '04 (2004), p. 15–22. DOI : [10.1145/989863.989865](https://doi.org/10.1145/989863.989865). URL : <http://doi.acm.org/10.1145/989863.989865>.
- [3] KISSPNG. *Nao Robotics Humanoid robot Autonomous robot - robot*. 2018. URL : <https://www.kisspng.com/png-nao-robotics-humanoid-robot-autonomous-robot-robot-122506/>. (accessed : 10-06-2018).
- [4] SoftBank ROBOTICS. *Pepper, the humanoid robot from SoftBank Robotics, a genuine companion*. 2016. URL : <https://www.softbankrobotics.com/emea/en/robots/pepper>. (accessed : 22-01-2016).
- [5] Hanson ROBOTICS. *Sophia*. 2016. URL : <http://www.hansonrobotics.com/robot/sophia/>. (accessed : 22-01-2016).
- [6] LIVINGACTOR. *Engage your users with a Virtual Assistant and Live Chat*. 2016. URL : <https://www.livingactor.com/corp/>. (accessed : 22-01-2016).
- [7] A. HELOIR. « Système de communication par agent virtuel aide à la communication des personnes sourdes ». Thèse de doctorat. Université de Bretagne Sud, 2008.
- [8] A. MEHRABIAN et J. RUSSELL. « An Approach to Environment Psychology ». In : *Cambridge, Massachusetts, the MIT Press* (1974).

## BIBLIOGRAPHIE

- [9] USC Institute for CREATIVE TECHNOLOGIES. *Virtual Human Toolkit*. 2016. URL : <https://vhtoolkit.ict.usc.edu/>. (accessed : 22-01-2016).
- [10] M. COURGEON et C CLAVEL. « MARC : a framework that features emotion models for facial animation during human–computer interaction ». In : *Journal on Multimodal User Interfaces* 7.4 (2013), p. 311–319. ISSN : 1783-8738. DOI : [10.1007/s12193-013-0124-1](https://doi.org/10.1007/s12193-013-0124-1). URL : <https://doi.org/10.1007/s12193-013-0124-1>.
- [11] B. REEVES et C. NASS. *The media equation : how people treat computers, television and new media like real people and places*. Cambridge University Press, 1996. ISBN : 9781575860534.
- [12] G. BALL et J. BREESE. « Embodied Conversational Agents ». In : Cambridge, MA, USA : MIT Press, 2000. Chap. Emotion and Personality in a Conversational Agent, p. 189–219. ISBN : 0-262-03278-3. URL : <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=371552.371564>.
- [13] C. DESCHENEAUX et H. PIGOT. « Interactive and intuitive memory aids for elderly people and people with mild cognitive impairments ». In : Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2009, p. 117–124. ISBN : 978-3-642-02868-7.
- [14] A. PEASE. *Body Language How to read others' thoughts by their gesture*. Sheldon Press, 1984. ISBN : 0-85969-406-2.
- [15] C. DARWIN. *The expression of the emotions in man and animals*. Chicago : University of Chicago Press, 1872.
- [16] W. JAMES. « What is an emotion ? » In : *Mind* 9 (34) (1884), p. 188–205. DOI : [10.1093/mind/os-ix.34.188](https://doi.org/10.1093/mind/os-ix.34.188). URL : <https://doi.org/10.1093/mind/os-ix.34.188>.
- [17] S. ROBBINS, T. JUDGE et V. TRAN. *Comportements organisationnels*. Pearson Education, 2011. ISBN : 2744074845.
- [18] C. BECKER-ASANO. « WASABI : Affect Simulation for Agents with Believable Interactivity ». Thèse de doctorat. Technischen Fakultät an der Universität Bielfeld, 2008.



## BIBLIOGRAPHIE

- [19] K. R. SCHERER. « Appraisal considered as a process of multilevel sequential checking ». In : *Appraisal process in emotion : theory, methods, research* (2001), p. 92–120.
- [20] S. MARSELLA, J. GRATCH et P. PETTA. « Computational Models of Emotion ». In : *A blueprint for an affectively competent agent : Cross-fertilization between Emotion Psychology, Affective Neuroscience, and Affective Computing* (2010).
- [21] N. H. FRIJDA. « Emotion, cognitive structure, and action tendency ». In : *Cognition and Emotion* 1.2 (1987), p. 115–143. DOI : [10.1080/02699938708408043](https://doi.org/10.1080/02699938708408043). eprint : <https://doi.org/10.1080/02699938708408043>. URL : <https://doi.org/10.1080/02699938708408043>.
- [22] A. ORTONY, G. CLORE et A. COLLINS. *The Cognitive Structure of Emotions*. Cambridge University Press, 1988. DOI : [10.1017/CBO9780511571299](https://doi.org/10.1017/CBO9780511571299).
- [23] C. A. SMITH et R. LAZARUS. « Emotion and Adaptation ». In : *Handbook of Personality : Theory and Research* 21 (1990), p. 609–637.
- [24] P. C. ELLSWORTH et K. R. SCHERER. « Appraisal processes in emotion ». In : *Davidson, R. J., Goldsmith, H. H. & Scherer, K. R. (Eds.) Handbook of the affective sciences* (2003).
- [25] C. A. SMITH et H. S. SCOTT. « A Componential Approach to the meaning of facial expressions ». In : *The Psychology of Facial Expression* (1997), p. 229–254.
- [26] K. R. SCHERER et H. ELLGRING. « Are facial expressions of emotion produced by categorical affect programs or dynamically driven by appraisal? » In : *Emotion (Washington, D.C.)* 7 (2007), p. 113–30.
- [27] A. POPESCU, J. BROEKENS et M. van SOMEREN. « GAMYGDALA : An Emotion Engine for Games ». In : *IEEE Transactions On Affective Computing* 5 (2014).
- [28] B. R. STEUNEBRINK, M. DASTANI et J. J. MEYER. « The OCC Model Revisited ». In : *Proceedings of the 32nd Conference on Artificial Intelligence* (2007), p. 146.

## BIBLIOGRAPHIE

- [29] K. R. SCHERER et J. SANGSUE. « Le système mental en tant que composant de l'émotion ». In : *Cognitions et emotions*, 2004, p. 11–36. DOI : [10.14195/978-989-26-0805-1\\_1](https://doi.org/10.14195/978-989-26-0805-1_1).
- [30] J. LEDOUX. *The Emotional Brain : The Mysterious Underpinnings of Emotional Life*. New York, NY, Simon & Schuster., 1998. ISBN : 0684836599.
- [31] R. B. ZAJONC. « On the primacy of affect ». In : *American Psychologist* 39 (1984), p. 117–123. DOI : [10.1037/0003-066X.39.2.117](https://doi.org/10.1037/0003-066X.39.2.117).
- [32] R. B. ZAJONC. « Feeling and thinking : Preferences need no inferences ». In : *American Psychologist* 35 (1980), p. 151–175. DOI : [10.1037/0003-066X.35.2.151](https://doi.org/10.1037/0003-066X.35.2.151).
- [33] R. LAZARUS. *Progress on a cognitive-motivational-relational theory of Emotion*. T. 46(8). The American Psychologist, 1991, p. 819–834.
- [34] J. R. AVERILL. « A constructivist view of emotion ». In : *Emotion : Theory, research and experience* 1 (1980), p. 305–339. DOI : [10.1016/B978-0-12-558701-3.50018-1](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-558701-3.50018-1).
- [35] C. A. SMITH et S. KLEINMAN. « Managing emotions in medical school : students' contacts with the living and the dead ». In : *Social Psychology Quarterly* 52 (1989), p. 56–69. DOI : [10.2307/2786904](https://doi.org/10.2307/2786904).
- [36] P. HELMUT, B. A. CHRISTIAN et I. MITSURU. « A Study in Users' Physiological Response to an Empathic Interface Agent. » In : *I. J. Humanoid Robotics* 3 (2006), p. 371–391. DOI : [10.1142/S0219843606000801](https://doi.org/10.1142/S0219843606000801).
- [37] C. E. OSGOOD. « On the whys and wherefores of E, P, and A ». In : *Journal of Personality and Social Psychology* 12(3) (1969), p. 194–199. DOI : <http://dx.doi.org/10.1037/h0027715>.
- [38] R. PLUTCHIK. « A general psychoevolutionary theory of emotion ». In : *Emotion : Theory, research, and experience* 1 (1980), p. 3–33. DOI : [10.1016/B978-0-12-558701-3.50007-7](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-558701-3.50007-7).
- [39] J. MARCOTTE. *File :Plutchik-wheel fr.svg - Wikimedia Commons*. 2013. URL : [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plutchik-wheel\\_fr.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plutchik-wheel_fr.svg). (accessed : 11-06-2018).

## BIBLIOGRAPHIE

- [40] P. EKMAN, W. V. FRIESEN et J. C. HAGER. *Facial Action Coding System*. Research Nexus division of Network Information Research Corporation, 2002. ISBN : 0-931835-01-1.
- [41] J. COHN, Z. AMBADAR et P. EKMAN. « Observer-based measurement of facial expression with the Facial Action Coding System ». In : *The handbook of emotion elicitation and assessment. Oxford University Press Series in Affective Science*. J. A. Coan & J. B. Allen, 2006.
- [42] P. EKMAN. *Emotions Revealed Recognizing Faces and Feelings to Improve Communication and Emotional Life*. Times Books Henry Holt et Company, 2003. ISBN : 0-8050-7275-6.
- [43] P. EKMAN, T. S. HUANG, T. J. SEJNOWSKI et J. C. HAGER. *Final Report To NSF of the Planning Workshop on Facial Expression Understanding*. 1992.
- [44] S. DU, Y. TAO et A. M. MARTINEZ. « Compound facial expressions of emotion ». In : *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111.15 (2014), E1454–E1462. ISSN : 0027-8424. DOI : [10.1073/pnas.1322355111](https://doi.org/10.1073/pnas.1322355111). eprint : <http://www.pnas.org/content/111/15/E1454.full.pdf>. URL : <http://www.pnas.org/content/111/15/E1454>.
- [45] C. CRIVELLI et A. J. FRIDLUND. « Facial Displays Are Tools for Social Influence ». In : *Trends in Cognitive Sciences* 22.5 (2018), p. 388 –399. ISSN : 1364-6613. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.02.006>. URL : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364661318300299>.
- [46] L. COSMIDES et J. TOOBY. « Evolutionary Psychology and the Emotions ». In : *Handbook of emotions* 2nd Ed. (2000), p. 91–115.
- [47] S. BRAVE et C. NASS. « The Human-computer Interaction Handbook ». In : Hillsdale, NJ, USA : L. Erlbaum Associates Inc., 2003. Chap. Emotion in Human-computer Interaction, p. 81–96. ISBN : 0-8058-3838-4. URL : <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=772072.772081>.

## BIBLIOGRAPHIE

- [48] G. C. CLORE et K. GASPER. « Feeling is believing : Some affective influences on belief ». In : *Emotions and beliefs : How feelings influence thoughts* (2000), p. 10–44.
- [49] E. THORSON et M. FRIESTAD. « The effects on emotion on episodic memory for television commercials ». In : *Advances in consumer psychology* (1985), p. 131–136.
- [50] F. HEUER et D. REISBERG. « Emotion, arousal, and memory for detail ». In : *The handbook of emotion and memory : Research and theory* (1992), p. 3–31.
- [51] E. R. HIRT, R. J. MELTON, H. E. McDONALD et J. M. HARACKIEWICZ. « Processing goals, task interest and the mood-performance relationship : A mediational analysis ». In : *Journal of Personality and Social Psychology* 71 (1996), p. 245–261. DOI : [10.1037//0022-3514.71.2.245](https://doi.org/10.1037//0022-3514.71.2.245).
- [52] A. M. ISEN. « Positive affect and decision making ». In : *M. Lewis & J. M. Haviland-Jones (Eds.), handbook of emotions (2nd ed.)* (2000), p. 417–435.
- [53] P. J. CORR et G. MATTHEWS. *The Cambridge Handbook of Personality Psychology*. Cambridge University Press, 2009. ISBN : 9780511596544.
- [54] D. M. BUSS. « Human nature and individual differences : the evolution of personality ». In : *Handbook of personality : theory and research* 2nd ed (1999), p. 31–56.
- [55] J. A. GRAY. « The psychophysiological basis of introversion-extraversion ». In : *Behaviour Research and Therapy* 8 (1970), p. 249–66. DOI : [10.1016/0005-7967\(70\)90069-0](https://doi.org/10.1016/0005-7967(70)90069-0).
- [56] H. J. EYSENCK. *The biological basis of personality*. 2006. ISBN : 1412805546.
- [57] W. MISCHEL et Y. SHODA. « A cognitive-affective system theory of personality : reconceptualizing situations, dispositions, dynamics and invariance in personality structure ». In : *Psychological Review* 102 (2) (1995), p. 246–68. DOI : [10.1037/0033-295X.102.2.246](https://doi.org/10.1037/0033-295X.102.2.246).
- [58] A. BANDURA. *Social foundations of thought and action : a social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NG : Prentice-Hall, 1985. ISBN : 013815614X.

## BIBLIOGRAPHIE

- [59] G. W. ALLPORT. « Traits revisited ». In : *American Psychologist* 21 (1966), p. 1–10. DOI : [10.1037/h0023295](https://doi.org/10.1037/h0023295).
- [60] R. B. CATTELL. « Confirmation and clarification of primary personality factors ». In : *psychometrika* 12.3 (1947), p. 197–220. ISSN : 1860-0980. DOI : [10.1007/BF02289253](https://doi.org/10.1007/BF02289253). URL : <https://doi.org/10.1007/BF02289253>.
- [61] R. B. CATTELL. « Validation and intensification of the sixteen personality factor questionnaire ». In : *Journal of Clinical Psychology* 12.3 (1956), p. 205–214. ISSN : 1097-4679. DOI : [10.1002/1097-4679\(195607\)12:3<205::AID-JCLP2270120302>3.0.CO;2-0](https://doi.org/10.1002/1097-4679(195607)12:3<205::AID-JCLP2270120302>3.0.CO;2-0). URL : [http://dx.doi.org/10.1002/1097-4679\(195607\)12:3<205::AID-JCLP2270120302>3.0.CO;2-0](http://dx.doi.org/10.1002/1097-4679(195607)12:3<205::AID-JCLP2270120302>3.0.CO;2-0).
- [62] R. R. MCCRAE et P. T. COSTA. « Validation of the five-factor model of personality across instruments and observers ». In : *Journal of Personality and Social Psychology* 52(1) (1987), p. 81–90.
- [63] L. R. GOLDBERG. « The structure of phenotypic personality traits ». In : *American Psychologist* 48 (1993), p. 26–34. DOI : [10.1037/0003-066X.48.1.26](https://doi.org/10.1037/0003-066X.48.1.26).
- [64] I. MYERS. *Introduction to Type : A Description of the Theory and Applications of the Myers-Briggs Type Indicator*. Center for Applications of Psychological Type Inc., 1990. ISBN : 0-935652-06-X.
- [65] I. MYERS. *Gifts differing : Understanding Personality Type*. Davies-Black Publishing, U.S., 1995. ISBN : 0-89106-074-X.
- [66] S. ASSANTE. *Les 16 grands types de personnalité*. Editions Dangles, 2012.
- [67] D. HUME. « Emotions and moods ». In : *Organizational Behavior* 15th Ed. (2008), p. 258–297.
- [68] L. M. P. ZILLIG, S. H. HEMENOVER et R. A. DIENSTBIER. « What do we assess when we assess a 'Big Five' trait ? : a content analysis of the affective, behavioural, and cognitive (ABC) process represented in Big Five personality inventories ». In : *Personality and Social Psychology Bulletin* 28 (2002), p. 847–58.

## BIBLIOGRAPHIE

- [69] H. HOFFMANN, A. SCHECK, T. SCHUSTER, S. WALTER, K. LIMBRECHT, H. C. TRAUE et H. KESSLER. « Mapping discrete emotions into the dimensional space : An empirical approach ». In : *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics* (2012), p. 3316–3320. DOI : [10.1109/ICSMC.2012.6378303](https://doi.org/10.1109/ICSMC.2012.6378303).
- [70] J. A. RUSSELL. « Evidence of convergent validity on the dimensions of affect ». In : *Journal of Personality and Social Psychology* 36 (1978), p. 1152–1168. DOI : [10.1037/0022-3514.36.10.1152](https://doi.org/10.1037/0022-3514.36.10.1152).
- [71] A. MEHRABIAN. « Analysis of the Big-five Personality Factors in Terms of the PAD Temperament Model ». In : *Australian Journal of Psychology* 48(2) (1996), p. 86–92. DOI : [10.1080/00049539608259510](https://doi.org/10.1080/00049539608259510).
- [72] Z. BAGHERI, A. MOHD KOSNIN et M. A. BESHARAT. « The influence of culture on the functioning of emotional intelligence ». In : *2nd Internal Seminar on Quality and Affordable Education (ISQAE)* (2013).
- [73] K. DEAUX. « Sex Differences ». In : *Annual Review of Psychology* vol. 26 (1985), p. 48–82.
- [74] J. CASSELL. « More than just another pretty face : Embodied Conversational Interface Agents ». In : *Communications of the ACM* 43 (4) (2000), p. 70–78.
- [75] R. PICARD. *Affective Computing*. Cambridge, MA, USA : MIT Press, 1997. ISBN : 0-262-16170-2.
- [76] E. ANDRÉ, P. KLESEN, P. GEBHARD, S. ALLEN et T. RIST. « Integrating models of Personality and Emotions into Lifelike Characters ». In : *Affective interactions : Towards a new generation of computer interafeces* (2001), p. 150–165. DOI : [10.1007/10720296\\_11](https://doi.org/10.1007/10720296_11). URL : [https://doi.org/10.1007/10720296\\_11](https://doi.org/10.1007/10720296_11).
- [77] Z. WAGGONER. *My Avatar, My Self : Identity in Video Role-Playing Games*. Box 611, Jefferson, North Carolina : McFarland & Company, Inc., Publishers, 2009. ISBN : 978-0-7864-4109-9.
- [78] R. ROUSE. *Game Design Theory and Practice*. 2nd. Plano, TX, USA : Wordware Publishing Inc., 2000. ISBN : 1556227353.

## BIBLIOGRAPHIE

- [79] A. WARD. *Game Character Development with Maya*. New Riders, 2004. ISBN : 0-13-421381-5.
- [80] Infinite SKILLS. *Character Modeling in 3ds Max*. Peachpit Press, 2013. ISBN : 0-13-359722-9.
- [81] O. VILLAR. *Learning Blender : A Hands-On Guide to Creating 3D Animated Characters*. 2nd. Addison-Wesley Professional, 2017. ISBN : 0-13-466346-2.
- [82] I. MILLINGTON. *Game Physics Engine Development*. CRC Press, 2007. ISBN : 9781482267327.
- [83] O. HOLTHE. *PhysX Programming*. Grid Publishing ; Premium Edition edition, 2013. ISBN : 8293179112.
- [84] NVIDIA. *PhysX / GeForce*. 2018. URL : <https://www.geforce.com/hardware/technology/physx/games>. (accessed : 10-06-2018).
- [85] E. COUMANS. *Bullet Physics*. URL : <https://pybullet.org/wordpress/>. (accessed : 10-06-2018).
- [86] E. COUMANS. *AAA Titles using Bullet ?* 2009. URL : <https://pybullet.org/Bullet/phpBB3/viewtopic.php?p=11971&f=&t=#p11971>. (accessed : 10-06-2018).
- [87] A. MORRISON. *The Making Of Rocket League*. 2015. URL : <https://www.rockpapershotgun.com/2015/09/02/rocket-league-making-of/>. (accessed : 10-06-2018).
- [88] R. NIEWIADOMSKI, E. BEVACQUA, M. MANCINI et C. PELACHAUD. « Greta : an interactive expressive ECA system ». In : *Proceedings of the 8th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems* (2009), p. 1399–1400. DOI : [10.1145/1558109.1558314](https://doi.org/10.1145/1558109.1558314).
- [89] K. BALCI. « Xface : Open source toolkit for creating 3d faces of an embodied conversational agent ». In : *Smart Graphics* (2005), p. 263–266.
- [90] J. GRATCH, J. RICKEL, E. ANDRÉ, J. CASSELL, E. PETAJAN et N. BADLER. « Creating Interactive Virtual Humans : Some Assembly Required ». In : *IEEE Intelligent Systems* 17.4 (2002), p. 54–63. ISSN : 1541-1672. DOI : [10.1109/MIS.2002.1024753](https://doi.org/10.1109/MIS.2002.1024753).



## BIBLIOGRAPHIE

- [91] M. E. BOBILLIER-CHAUMON, F. CROS, M. VANHILLE et Batisse B. « Conditions d'usage d'une technologie de télé-lien social par des personnes âgées : Enjeux psycho-ergonomiques pour le maintien à domicile ». In : *Actes du Congrès International Ergo-IHM 2012, Biarritz, France* (2012).
- [92] C. MOGET, N. BONNARDEL et E. GALY. « Ergonomie prospective et âge : proposition de méthodes nouvelles pour la conception d'un système de maintien à domicile ». In : *Le travail humain*, 3 (77) (2014), p. 231–255.
- [93] C. SCHROETER, S. MULLER, M. VOLKHARDT, E. EINHORN, C. HUIJNEN, H. van den HEUVEL, A. van BERLO, A. BLEY et H. M. GROSS. « Realization and User Evaluation of a Companion Robot for People with Mild Cognitive Impairments ». In : *Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation (ICRA 2013), Karlsruhe, Germany* (2013), p. 1145–1151. DOI : [10.1109/ICRA.2013.6630717](https://doi.org/10.1109/ICRA.2013.6630717).
- [94] D. LOPEZ RECIO, L. MARQUEZ SEGURA, E. MARQUEZ SEGURA et A. WAERN. « The NAO models for the elderly ». In : *8th ACM/IEEE Int. Conf. Human Robot Interact.* (2013), p. 187–8. DOI : [10.1109/HRI.2013.6483564](https://doi.org/10.1109/HRI.2013.6483564).
- [95] K. WADA, T. SHIBATA, T. SAITO, K. SAKAMOTO et K. TANIE. « Psychological and Social Effects of One Year Robot Assisted Activity on Elderly People at a Health Service Facility for the Aged ». In : *Proceedings of the 2005 IEEE, International Conference on Robotics and Automation Barcelona, Spain* (2005), p. 2785 –2790. DOI : [10.1109/ROBOT.2005.1570535](https://doi.org/10.1109/ROBOT.2005.1570535).
- [96] K. WADA et T. SHIBATA. « Social and Physiological Influences of Living with Seal Robots in an Elderly Care House for Two Months ». In : *Gerontechnology* (2008), p. 7–235.
- [97] A. MALHOTRA, J. HOEY, A. KÖNIG et S. van VUUREN. « A Study of Elderly People's Emotional Understanding of Prompts Given by Virtual Humans ». In : *Proceedings of the 10th EAI International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare. PervasiveHealth '16. Cancun, Mexico : ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics et Telecommunications Engineering)*, 2016, p. 13–16. ISBN : 978-1-63190-051-8. URL : <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=3021319.3021322>.



## BIBLIOGRAPHIE

- [98] A. MIHAILIDIS, J. N. BOGER, T. CRAIG et J. HOEY. « The COACH prompting system to assist older adults with dementia through handwashing : An efficacy study ». In : *BMC geriatrics* 8.1 (2008), p. 28.
- [99] A. ORTIZ, M. del PUY CARRETERO, D. OYARZUN, J. J. YANGUAS, C. BUIZA, M. F. GONZALEZ et I. ETXEBERRIA. « Elderly Users in Ambient Intelligence : Does an Avatar Improve the Interaction ? » In : *Universal access in ambient intelligence environments* (2007), p. 99–114. ISSN : 0302-9743. DOI : [10.1007/978-3-540-71025-7\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-540-71025-7_8).
- [100] M. M. MORANDELL, A. HOCHGATTERER, S. FAGEL et S. WASSERTHEURER. « Avatars in Assistive Homes for the Elderly A User-Friendly Way of Interaction ? » In : *Lecture Notes in Computer Science*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008. Chap. HCI and Usability for Education and Work, p. 391–402. DOI : [10.1007/978-3-540-89350-9\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-540-89350-9_27).
- [101] M. M. MORANDELL, A. HOCHGATTERER, B. WÖCKL, S. DITTENBERGER et S. FAGEL. « Avatars@Home InterFACEing the Smart Home for Elderly People ». In : t. 5889. *Lecture Notes in Computer Science*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. Chap. HCI and Usability for e-Inclusion, p. 353–365. DOI : [10.1007/978-3-642-10308-7\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-642-10308-7_25).
- [102] L. P. VARDOLAKIS, L. RING, B. BARRY, C. SIDNER et T. BICKMORE. « Designing Relational Agents as Long Term Social Companions for Older Adults ». In : *Intelligent virtual agents* (2012). DOI : [10.1007/978-3-642-33197-8\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-642-33197-8_30).
- [103] R. YAGHOUBZADEH, M. KRAMER, K. PITSCH et S. KOPP. « Virtual Agents as Daily Assistants for Elderly or Cognitively Impaired People ». In : *Intelligent Virtual Agents*. Sous la dir. de Ruth AYLETT, Brigitte KRENN, Catherine PELACHAUD et Hiroshi SHIMODAIRA. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2013, p. 79–91. ISBN : 978-3-642-40415-3.
- [104] H. KESSLER, A. FESTINI, H. C. TRAUE, Z. FILIPIC, M. WEBER et H. HOFFMANN. « SIMPLEX - Simulation of Personal Emotion Experience - A new Model of Artificial Emotions ». In : *Affective Computing*, Jimmy Or (Ed.), 2008. Chap. 13. ISBN : 978-3-902613-23-3. DOI : [10.5772/6178](https://doi.org/10.5772/6178).

## BIBLIOGRAPHIE

- [105] A. MARSZAL. *Robot vacuum cleaner 'attacks' South Korea housewife's hair*. 2015. URL : <https://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/asia/southkorea/11399713/Robot-vacuum-cleaner-attacks-South-Korea-housewives-hair.html>. (accessed : 10-06-2018).
- [106] M. COURGEON, C. HOAREAU et D. DUHAUT. « Interaction with Artificial Companions : Presentation of an Exploratory Study ». In : *Social Robotics*. Cham : Springer International Publishing, 2016, p. 611–620. ISBN : 978-3-319-47437-3.
- [107] W. B. LOUED, A. PORCHER, L. LIEB, H. PIGOT, D. LORRAIN, C. CHAUVIN et C. GUERIN. « Amelis : concevoir un agent virtuel expressif intégré à un calendrier interactif pour des aînés ». In : *WACAI - Workshop Affect, Compagnon Artificiel, Interaction* (2016).
- [108] Y. ADELISE. « Proposition d'un cadre de conception de technologies d'assistance pour des personnes âgées avec la maladie d'Alzheimer ». Thèse de doctorat. Université de Sherbrooke, Faculté des Sciences, Laboratoire DOMUS, 2017.
- [109] A. DOLBEC et J. CLÉMENT. « La recherche-action ». In : *Introduction à la recherche en éducation* (2000), p. 199–224.
- [110] H. PIGOT, A. PORCHER, W. B. LOUED, L. LIEB, D. LORRAIN, C. GUERIN et C. CHAUVIN. « Favoriser l'innovation en recherche sur le vieillissement / Fostering Innovation in Research on Ageing ». In : (Montréal, Canada). ACG, 45e réunion scientifique et éducative annuelle / CAG, 45th annual scientific et education meeting, 2016.
- [111] A. PORCHER, W. B. LOUED, L. LIEB, H. PIGOT, D. LORRAIN, C. GUERIN et C. CHAUVIN. « Projet de conception participative du calendrier Amelis : Placer les aînés au coeur de la conception technologique ». In : Congrès Age 3.0, 2016.
- [112] L. LIEB, W. B. LOUED, A. PORCHER et H. PIGOT. « Attente des aînés lors d'interactions avec un agent virtuel ». In : (Angers, France). CENTICH, 2017.

## BIBLIOGRAPHIE

- [113] O. DEMIRBILEK et H. DEMIRKAN. « Universal product design involving elderly users : a participatory design model ». In : *Applied ergonomics* 35 (4) (2004), p. 361–370. DOI : [10.1016/j.apergo.2004.03.003](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2004.03.003).
- [114] J. CAELEN. « La conception participative d’objets interactifs : principes, méthodes et instrumentalisation ». In : *École Thématique du GDR « Cognition et TIC »* (2004).
- [115] C. WILSON. *Interview Techniques for UX Practitioners A User-Centered Design Method*. Elsevier, 2014. ISBN : 9780124104501.
- [116] T. PAGE. « Skeuomorphism or flat design : future directions in mobile device user interface (UI) design education ». In : *International Journal of Mobile Learning and Organisation* 8 (2) (2014), p. 130–142. ISSN : 1746-725X. DOI : [10.1504/IJMLO.2014.062350](https://doi.org/10.1504/IJMLO.2014.062350). URL : <http://dx.doi.org/10.1504/IJMLO.2014.062350>.
- [117] GOOGLE. *Material Design*. URL : <https://material.io>. (accessed : 12-02-2018).
- [118] L. SPRADLIN. *Exclusive : Quantum Paper and Google’s Upcoming Effort to Make Consistent UI Simple*. URL : <https://www.androidpolice.com/2014/06/11/excusive-quantum-paper-and-googles-upcoming-effort-to-make-consistent-ui-simple/>. (accessed : 12-02-2018).
- [119] J. M. C. BASTIEN et D. SCAPIN. « Ergonomic Criteria for the Evaluation of Human-Computer interfaces ». In : *Institut National de recherche en informatique et en automatique, France* (1993).
- [120] B SHNEIDERMAN. « Designing user interface strategies for effective Human-Computer Interaction ». In : *Massachusetts : Addison-Wesley* 3rd Editio (1998), p. 74–75. URL : <http://faculty.washington.edu/jtenenbg/courses/360/f04/sessions/schneidermanGoldenRules.html>.
- [121] R. S. WALLACE. *AIML 2.0 Working Draft*. 2014. URL : <https://goo.gl/8eDPjd>. (accessed : 10-06-2018).

## BIBLIOGRAPHIE

- [122] M. BRADLEY et P. J. LANG. « Measuring Emotion : The Self Assessment Manikin And the Semantic Differential ». In : *Elsevier Science LTD, Center for Reserch in Psychophysiology* (1994), p. 49–59.
- [123] K. R. SCHERER. « What are emotions ? And how can they be measured ? » In : *Social Science Information* 44(4) (2005), p. 693–727.
- [124] MEAN.IO. *Mongo Express Angular Node*. 2018. URL : <http://mean.io/>. (accessed : 10-06-2018).
- [125] R. GAROFALO. *Building Enterprise Applications with Windows Presentation Foundation and the Model View ViewModel Pattern*. 1st. Redmond, WA, USA : Microsoft Press, 2011. ISBN : 0735650926, 9780735650923.
- [126] M. COLLEDANCHISE et P. OGREN. « Behavior Trees in Robotics and AI : An Introduction ». In : *CoRR* abs/1709.00084 (2017). arXiv : [1709.00084](https://arxiv.org/abs/1709.00084). URL : <http://arxiv.org/abs/1709.00084>.
- [127] M. COLLEDANCHISE et P. OGREN. « How Behavior Trees Modularize Hybrid Control Systems and Generalize Sequential Behavior Compositions, the Subsumption Architecture and Decision Trees ». In : *IEEE Transactions on Robotics* PP no.99 (2016), p. 1–18.
- [128] SMI. *Eye Tracking Solutions by SMI*. 2018. URL : <https://www.smivision.com/>. (accessed : 11-06-2018).
- [129] A. PORCHER, W. B. LOUED, H. PIGOT, D. LORRAIN, C. GUERIN et C. CHAUVIN. « Conception participative et interdisciplinaire d’un agent virtuel émotionnel pour une technologie destinée aux aînés ». In : *9ème colloque EPIQUE2017. L’Ergonomie des technologies pour le développement des compétences. Actes du 9ème Congrès de Psychologie Ergonomique EPIQUE 2017* (2017).
- [130] W. B. LOUED et H. PIGOT. « Emotional Virtual Agent to Improve Ageing in Place with Technology ». In : *Proceedings of the 6th International Conference on Digital Health Conference*. DH ’16. Montréal, Québec, Canada : ACM, 2016, p. 169–170. ISBN : 978-1-4503-4224-7. DOI : [10.1145/2896338.2896368](https://doi.org/10.1145/2896338.2896368). URL : <http://doi.acm.org/10.1145/2896338.2896368>.